Lunisolarkalender und Kalenderzahlen am Beispiel des Kalenders von Coligny

Betrachtungen zur mathematischen Struktur von Lunisolarkalendern, Bewertung der Qualität verschiedener Lunisolarzyklen, Beschreibung des Kalenders von Coligny und neue Überlegungen zur Struktur und Symmetrie der Kalendertafel von Coligny

von Burkard Steinrücken,
steinruecken@sternwarte-recklinghausen.de
Westfälische Volkssternwarte und
Planetarium Recklinghausen
Stadtgarten 6, 45657 Recklinghausen

November 2012



Ausschnitt aus der Kalendertafel von Coligny

Einleitung

Die Archäoastronomie versucht, Elemente des astronomischen Wissens und kalendarischer Techniken der Vorzeit anhand der Architektur bestimmter Bauwerke wie z.B. den Kreisgrabenanlagen von Stonehenge und Goseck oder der geometrischen Formensprache archäologischer Fundstücke, etwa der Himmelsscheibe von Nebra, zu rekonstruieren.
Über die Feststellung von einigen Grundtatsachen hinaus (z. B. der Bedeutung der Sonnenwenden im Kontext der Himmelsscheibe, auf die anhand ihrer goldenen Randbögen geschlossen werden kann) sind damit aber keine kalendertechnischen Details wie etwa die in Kalendern erforderlichen Schaltverfahren zugänglich.
Ein anderer - vor allem von Archäologen und Laien - verfolgter archäoastronomischer Ansatz ist die Interpretation von Symbolzahlen auf herausragenden Kultobjekten (z.B. die bronzezeitlichen Goldhüte) als strukturrelevante Zahlen eines prähistorischen Kalenders.
Von diesen Interpretationen rudimentärer Spuren geometrischen und mathematischen Denkens bis zur Entschlüsselung eines in der Prähistorie tatsächlich benutzten Kalenders ist es allerdings ein weiter Weg. Und es ist fraglich, ob es überhaupt gelingen kann, auf diese Weise kalendarisches Wissen schriftloser Kulturen nachzuweisen. Die methodischen Probleme und Mängel dieser Vorgehensweise erscheinen unüberwindlich.

In diesem Aufsatz wird erläutert, auf welchen astronomischen und mathematischen Grundlagen ein funktionierender Lunisolarkalender steht, wie er aufgebaut ist und wie bestimmte Kalenderzahlen seine innere mathematische Struktur regeln. Durch geschickte Wahl eines Kalenderzyklus kann ein Kalender auf der Basis weniger wiederkehrender Zahlen hierarchisch gegliedert werden. Der keltische Kalender von Coligny, ein schriftliches Dokument aus gallorömischer Zeit, ist ein Beispiel für eine solche mathematisch durchdachte Kalenderkonstruktion, die eine mündliche Überlieferung eines Kalenders begünstigt. Er wird hier als Beispiel für einen funktionierenden Lunisolarkalender behandelt und in den allgemeinen Kontext der verschiedenen gebräuchlichen Lunisolarzyklen gestellt.

Abschließend werden einige neue Überlegungen bezüglich der Geometrieeigenschaften der Kalendertafel vorgestellt, auf der die 62 Monate des Coligny-Kalenders in vier Zeilen und sechzehn Spalten angeordnet sind.

Astronomische Grundlagen

Die astronomischen Grundlagen für einen Lunisolarkalender sind die jährlichen und monatlichen Bewegungen von Sonne und Mond in Gestalt der mittleren Zykluslängen für den synodischen und siderischen Monat sowie das tropische Jahr. Auf Grundlage dieser mittleren Werte für die Umlaufzeit des Mondes bezüglich der mittleren Sonne (synodischer Monat) und des Sternenhimmels (siderischer Monat) bzw. der Sonne bezüglich des Frühlingspunktes (tropisches Jahr) berechnet ein Kalender den Stand von Sonne und Mond. Besser ausgedrückt: Er berechnet den Stand einer "Kalendersonne" und eines "Kalendermonds" - zwei fiktiven Himmelskörpern, die den vereinfachten Prinzipien der Kalenderrechnung gehorchen, aber auch möglichst gut den tatsächlichen Himmelskörpern nachfolgen sollen.
Ein Kalender ignoriert damit bestimmte astronomische Tatsachen wie z.B. die veränderliche Geschwindigkeit von Sonne und Mond auf der Ekliptik und nähert den Lauf der Gestirne durch gleichmäßig wandernde Idealkörper, die nach Ablauf bestimmter Zeiten - den Kalenderzyklen - zu ihren Ausgangsstellungen zurückkehren. Dabei zählt ein Kalender Zeiträume zweckmäßigerweise in ganzen Tagen. Da die wirklichen Himmelskörper Sonne und Mond sich in ihrem Lauf nicht an die Einschränkung der Tagesganzzahligkeit ihrer Zykluslängen halten, kommen weitere Abweichungen zwischen der Natur und den Kalendergestirnen ins Spiel. Durch die Bildung geeigneter Kalenderzyklen und durch zusätzliche Einschaltung von Schalttagen oder Schaltmonaten sollen diese Abweichungen von den Naturzyklen, wenigstens innerhalb größerer Zeitspannen und wenigstens den mittleren Lauf der Gestirne betreffend, möglichst minimiert werden. Und das idealerweise noch mit einem einfachen und praktikablen System, das man sich leicht merken kann, so dass es sich als Grundlage für die Zeitrechnung einer Gesellschaft eignet.

Da es in Lunisolarkalendern um die Frage geht, nach Ablauf welcher Zeitspannen Mond und Sonne wieder in der gleichen Beziehung zueinander stehen, bzw. nach welcher Zeit sich beide Kalendergestirne wieder in ihrer Ausgangsstellung bei Zyklusbeginn befinden, sind neben einer ganzen Zahl von Jahren und einer ganzen Zahl von synodischen Monaten in einem Lunisolarkalender am Zyklusende immer auch eine ganze Zahl von siderischen Monaten verflossen (Rückkehr des Mondes zur gleichen Position bezüglich des Sternenhimmels).
Als dritte Vorgabe aus der Astronomie neben dem tropischen Jahr und dem synodischen Monat ist in Tabelle 1 die mittlere Länge des siderischen Monats angegeben, auch wenn ein expliziter Bezug darauf in den Lunisolarkalendern nicht unbedingt erforderlich ist.
Alle drei Zeitspannen variieren im Lauf der Jahrhunderte ein wenig, was berücksichtigt werden sollte, wenn die Betrachtung für weit in der Vergangenheit zurückliegende Zeiten durchgeführt werden soll. Derzeit betragen die mittleren Zykluslängen:

Tabelle 1: Zykluslängen 2000 AD

tropisches Jahr	365,242193 Tage
synodischer Monat	29,530589 Tage
siderischer Monat	27,321662 Tage

Gemäß folgender Formeln lassen sich die entsprechenden Werte der Vergangenheit berechen:

$$J = 365{,}24219879 - 6{,}14 \cdot 10^{-6} \cdot T \;; \quad T = 0 \textit{ beim Beginn des Jahres } 1900$$

$$M = 29{,}530588853 + 2{,}162 \cdot 10^{-6} \cdot T \;; \quad T = 0 \textit{ beim Beginn des Jahres } 2000$$

$$S = 27{,}321661547 + 1{,}857 \cdot 10^{-6} \cdot T \;; \quad T = 0 \textit{ beim Beginn des Jahres } 2000$$

In Newcombs Theorie [1] für die Jahreslänge *J* ist *T* als die Zahl der Julianischen Jahrhunderte (aus je 36525 Tagen) ab dem Beginn des Jahres 1900 zur rechnen (negative Werte für *T* in der Vergangenheit). Bei den Monatslängen (synodisch *M*, siderisch *S*) gemäß der Theorie von Chapront-Touzé und Chapront [2] ist *T* die Zahl der Julianischen Jahrhunderte seit der Epoche 2000. Anstelle des siderischen Monats könnte auch der tropische Monat gewertet werden, der die Rückkehr des Mondes zum Frühlingspunkt beschreibt. Der Frühlingspunkt verlagert sich präzessionsbedingt gegen die Sterne, weshalb man leicht unterschiedliche Werte für diese beiden Monatslängen erhält. Da eine Unterscheidung dieser minimal unterschiedlichen Monate für eine bestimmte Epoche keinen großen Unterschied macht und da die Stellung des Mondes in verschiedenen Kulturen in Bezug zum Sternenhimmel verfolgt und dazu Systeme aus 27 oder 28 Mondhäusern geschaffen wurden, die das Vorrücken des Mondes von Tag zu Tag am Sternenhimmel beschreiben, ist der siderische Monat angegeben.

Für die Zeitenwende, der etwaigen Entstehungszeit des Kalenders von Coligny, erhält man schließlich die folgenden Werte, die sich nur wenig von den derzeit aktuellen Werten unterscheiden:

Tabelle 2: Zykluslängen zur Zeitenwende, Jahr 0

tropisches Jahr	365,242315 Tage
synodischer Monat	29,530585 Tage
siderischer Monat	27,321658 Tage

Erwähnt sei hier nochmals, dass es sich bei den Jahres- und Monatslängen um mittlere Zykluslängen handelt und die hohe Genauigkeit der Angaben dieser Werte keinesfalls bedeutet, dass mit einer zyklischen Rechnung eine genaue Bestimmung der Positionen der Sonne und des Mondes am Himmel möglich ist.

Mathematische Grundlagen des Lunisolarkalenders

Ein Lunisolarkalender stellt das Verhältnis von tropischem Jahr zu synodischem Monat näherungsweise als Bruch aus zwei geeigneten Zahlen *n* und *m* dar, der das "wahre Verhältnis" möglichst gut annähert:

$$\frac{365{,}242315}{29{,}530585} = 12{,}368272... \cong \frac{m}{n}$$

Im Näherungsbruch steht im Zähler die Zahl *m* der synodischen Monate und im Nenner die Zahl *n* der Jahre eines Lunisolarzyklus. Die geeignete Technik zur Gewinnung solcher Zahlenpaare bei schrittweiser Steigerung der Genauigkeit der Annäherung ist die Kettenbruchentwicklung:

$$12{,}368272... = 12 + \cfrac{1}{2 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{2 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1 + ...}}}}}$$

Je mehr Glieder die Näherung enthält, bei der man die Kettenbruchentwicklung abbricht (indem man alles ignoriert, was hinter einem Pluszeichen steht), desto genauer ist sie. Die Tabelle 3 enthält die ersten 6 Näherungen, die zu bekannten Lunisolarzyklen führen:

Tabelle 3: Lunisolarzyklen aus der Kettenbruchentwicklung

	m/n	Bemerkung	Zykluslängen in Tagen		Fehler: pro Zyklus	pro Jahr
			Sonne: n x J	Mond: m x M	(Tage)	(Tage)
1	12/1 = 12		365,24	354,37	10,88	10,88
2	25/2 =12,5		730,48	738,26	-7,78	-3,89
3	37/3 = 12,333	Trietëris	1095,73	1092,63	3,10	1,03
4	99/8 = 12,375	Oktaëteris	2921,94	2923,53	-1,59	-0,20
5	136/11 =12,3636		4017,67	4016,16	1,51	0,14
6	235/19 = 12,3684	Metonzyklus	6939,60	6939,69	-0,09-	-0,005
Wichtige kombinierte Zyklen:						
	62/5 = 12,4	5-Jahreszykl.	1826,21	1830,90	-4,68	-0,94
	371/30 = 12,3667	30-Jahreszykl.	10957,27	10955,85	1,42	0,05

Verschiedene Lunisolarzyklen und ihre Genauigkeit

Die Tabelle 3 bildet den theoretischen Ausgangspunkt für die Wahl eines geeigneten Kalenderzyklus. Neben den darin aufgeführten Näherungslösungen kann man weitere Zyklen durch Kombination dieser Basiszyklen finden. Der fünfjährige Zyklus im Kalender von Coligny z.B. ergibt sich durch die Kombination des zweijährigen und des dreijährigen Zyklus (Triëteris). Der wahrscheinliche Großzyklus des keltischen Kalenders von 30 Jahren, der in Spuren auf der Kalendertafel von Coligny noch sichtbar ist, besteht aus einem Metonzyklus (19 Jahre), einer Oktaëteris (8 Jahre) und einer Triëteris (3 Jahre). Er steigert die Genauigkeit des Metonzyklus nicht, bietet aber den Vorteil der Einfügung von Schaltmonaten nach einem regelmäßigen Muster. Im Metonzyklus ist ein einfaches reguläres Schema wie im Dreißigjahreszyklus nicht möglich.
Der Nachteil der geringeren Genauigkeit der zusammengesetzten Zyklen gegenüber dem Metonzyklus relativiert sich noch etwas, wenn letzterer in einem realen Kalenderzyklus, der notwendigerweise aus einer ganzen Zahl von Tagen bestehend, praktisch umgesetzt wird. Denn bei der Bewertung der Genauigkeit eines Zyklus ist zu beachten, dass der Kalenderzyklus, mit dem der gewählte Lunisolarzyklus aus Tabelle 3 realisiert werden soll, auf einer ganzen Zahl von Tagen basieren muss, sich folglich von der tatsächlichen Zykluslänge, die i. a. nicht ganzzahlig ist (Spalten 4 und 5 in Tabelle 3), unterscheidet. Die hohe Genauigkeit des Metonzyklus kann in einem realen Kalender folglich nicht ohne weiteres realisiert werden. Demgegenüber kann ein Zyklus, dessen Länge in Tagen nahe an der Ganzzahligkeit liegt, einen Genauigkeitsvorteil bei der Abbildung auf ein Kalendersystem erlangen.
Der einfache Metonzyklus von 6940 Tagen (eingeführt in Griechenland von Meton und Euktemon im Jahr 432 v. Chr., aber wahrscheinlich aus Babylon übernommen, wo er schon etwas länger in Gebrauch war) büßt einen Teil der Genauigkeit des theoretischen Wertes der 6. Näherung der Kettenbruchentwicklung ein, weil diese mit 6939,60 bzw. 6939,69 Tagen und einem Fehler von 1 Tag in 211 Jahren (19 Jahre / 0,09) merklich entfernt liegt von den 6940 Tagen des Metonzyklus. Das Jahr besitzt im Metonzyklus eine Länge von 6940 / 19 = 365,2632 Tage und der Monat eine Länge von 6940 / 235 = 29,5319 Tage. Im Sonnensektor beläuft sich der Fehler des einfachen Metonzyklus mithin auf 1 Tag in 48 Jahren (1/(365,2632-365,242315)). Im Mondsektor sammelt er jeden Monat 29,5319-29,530585 = 0,001315 Tage Fehler auf, was sich in 235 Monaten zu 0,309 Tagen summiert, folglich zu einem Fehler von 1 Tag in 62 Jahren (19 Jahre / 0,309).

Kallippos von Kyzikos vervierfachte ein Jahrhundert später den Metonzyklus zum sog. Kallippischen Zyklus, wobei er einen Tag herausstrich und die Zykluslänge auf 4 x 6940 - 1 = 27759 Tage festlegte. Die Jahreslänge im Kallippischen Zyklus beträgt demnach 27759/76 = 365,25 Tage und ist damit von gleicher Genauigkeit wie im Julianischen Kalender. Im Sonnensektor macht der Kallippische Zyklus mithin nur noch einen Fehler von 1 Tag in 130 Jahren (1/(365,25 - 365,242315)). Im Mondsektor erhält man eine Monatslänge von 27759 / (4 x 235) = 29,53085 Tage und damit erhöht sich auch dort noch die Genauigkeit. In einem Monat weicht der Kalendermond vom mittleren Mond nur um 29,53085 - 29,530585 = 0,000265 Tage ab, in 4 x 235 Monaten bzw. 76 Jahren folglich um 0,249 Tage und damit um 1 Tag in 305 Jahren (76 Jahre / 0,249).
Die geringe Güte des Metonzyklus von 1 Tag in 48 Jahren im Sonnensektor, die trotz der hohen Güte der 6. Näherung der Kettenbruchentwicklung (1 Tag Fehler in 211 Jahren) eintritt, ist der unvermeidbaren Abweichung des Kalenderzyklus von 6940 Tagen von der astronomischen Zykluslänge geschuldet und dies gab Anlass zur Vervierfachung des Metonzyklus durch Kallippos von Kyzikos.

Die Notwendigkeit der Ganzzahligkeit eines Kalenderzyklus in Tagen, macht mithin zusätzliche Konstruktionen erforderlich, und in einem zusammengesetzten größeren Zyklus unter Wegfall eines Tages (wie im Kallippischen Zyklus) oder eines Monats (wie im 30-jährigen Lunisolarzyklus; siehe unten) die hohe Genauigkeit zu erreichen, die eine einfache Näherung der Kettenbruchentwicklung zwar zu verheißen vermag, aber bei der Umsetzung in einem Kalenderzyklus z. T. verliert. Das Prinzip der Ganzzahligkeit eines Kalenderzyklus in Tagen ist demnach als maßgebliches Zusatzprinzip neben den rein astronomisch-mathematischen Kriterien zu beachten.
Der Analyse beliebiger Lunisolarzyklen zwischen 1 und 30 Jahren Länge dient die Aufstellung in der Tabelle 4. Sie folgt dem Vorbild der Tabelle 45b in G. Olmsteds Buch über den Kalender von Coligny [3]. Olmsted berechnet seine Tabelle mit den modernen Werten für das tropische Jahr und den synodischen Monat (siehe Tabelle 1). In der Tabelle 4 sind dagegen die Werte für die Zeitenwende (siehe Tabelle 2) zugrundegelegt, was kleine (aber praktisch unwesentliche) Unterschiede zur Folge hat.

Die erste Spalte enthält die Zahl n der tropischen Jahre des behandelten Lunisolarzyklus, die zweite die Zahl der Tage in diesen n tropischen Jahren (n x 365,2424 Tage), die Spalten 3 und 4 die entsprechenden Werte für die Zahl m der synodischen Monate und Tage innerhalb der m Monate, wobei m so gewählt ist, dass die Zahl der Tage möglichst nahe an die Zahl der Tage in n Jahren herankommt. Spalte 5 enthält die Differenz der Tagessummen im Sonnen- und Mondsektor.

Die Tabelle 4 listet die Werte auf (gerundet auf zwei Dezimalstellen), die sich auf der Grundlage der mittleren astronomischen Zyklen errechnen. Der Schritt zu einem Kalender mit Festlegung der Länge des Kalenderzyklus in einer Zahl von ganzen Tagen ist hier noch nicht erfolgt. Dieser Schritt setzt zunächst die Entscheidung der Frage voraus, ob der Kalender möglichst genau der Sonne oder dem Mond folgen soll. Wenn der Kalender in Sonnenzeit zählen soll (Wiederholung der Zählung nach Ablauf des Sonnenjahres, Jahreseckdaten der Sonnenwenden und Äquinoktien auf möglichst immergleichen Kalenderdaten), entscheidet man sich für einen Zyklus, der in Sonnenzeit eine möglichst ganze Zahl von Tagen enthält (z.B. n = 4, Julianischer Kalender). Soll der Kalender in Mondzeit zählen (gleiche Mondphasen auf gleichen Kalenderdaten innerhalb der verschiedenen Monate), so wird man einem Zyklus den Vorzug geben, der in Mondzeit (bei ganzen Zahlen von Monaten) eine möglichst ganze Zahl von Tagen aufweist.

Tabelle 4: Beliebige Kalenderzyklen und ihre Eignung als Lunisolarzyklus

Jahre *n*	Tage	Monate *m*	Tage	Differenz	Bemerkung
1	365,24	12	354,37	10,9	Unterschied Sonnen- zu Mondjahr
2	730,48	25	738,26	-7,8	
3	1095,73	37	1092,63	3,1	Triëteris
4	1460,97	49	1447,00	14,0	Julianischer Kalender
5	1826,21	62	1830,90	-4,7	keltischer 5-Jahres-Zyklus
6	2191,45	74	2185,26	6,2	
7	2556,70	87	2569,16	-12,5	
8	2921,94	99	2923,53	-1,6	Oktaëteris
9	3287,18	111	3277,89	9,3	
10	3652,42	124	3661,79	-9,4	
11	4017,67	136	4016,16	1,5	
12	4382,91	148	4370,53	12,4	
13	4748,15	161	4754,42	-6,3	
14	5113,39	173	5108,79	4,6	
15	5478,63	186	5492,69	-14,1	
16	5843,88	198	5847,06	-3,2	
17	6209,12	210	6201,42	7,7	
18	6574,36	223	6585,32	-11,0	
19	6939,60	235	6939,69	-0,1	Metonzyklus
20	7304,85	247	7294,05	10,8	
21	7670,09	260	7677,95	-7,9	
22	8035,33	272	8032,32	3,0	
23	8400,57	284	8386,69	13,9	
24	8765,82	297	8770,58	-4,8	
25	9131,06	309	9124,95	6,1	Kalender v. Coligny (Olmsted)
26	9496,30	322	9508,85	-12,5	
27	9861,54	334	9863,22	-1,7	
28	10226,78	346	10217,58	9,2	
29	10592,03	359	10601,48	-9,5	
30	10957,27	371	10955,85	1,4	keltischer Großzyklus (Plinius)
... etc.					
76	27758,42	940	27758,75	-0,3	Kallippischer Zyklus

Auch für so einen Fall sei n = 4 als illustrierendes Beispiel gewählt: In 49 synodischen Monaten liegen 1447,00 Tage, was durch einen Kalender, der 23 hohle Monate (mit jeweils 29 Tagen) und 26 volle Monate (mit jeweils 30 Tagen), die auf die Zeitspanne von 49 Monaten möglichst gleichmäßig zu verteilen sind, zu einem sehr guten Mondkalender aus 4 Mondjahren zu jeweils 12 Monaten plus 1 Schaltmonat führt. Allerdings ist dies ein sehr schlechter Lunisolarkalender, da es innerhalb dieses Zyklus zu einer Abweichung von 14 Tagen zwischen Mond- und Sonnenzeit kommt. Die Sonne benötigt nach 49 Monaten noch 14 Tage, um zu ihrem Ausgangspunkt zurückzukehren. Verdoppelt man diesen Zyklus nun zu einem achtjährigen Zyklus, so summiert sich der Fehler zwischen Mond und Sonnenzeit auf 28 Tage, was fast einem ganzen synodischen Monat entspricht. Nach 2 x 49 = 98 Monaten ist die Sonne folglich einen Monat zurück. Lässt man den Mond nun noch einmal umlaufen, so gibt man der Sonne die nötige Zeit, um ihren Rückstand am Himmel aufzuholen und wieder in die Ausgangsstellung zurückzukehren. Ein Kalender mit 2 x 49 + 1 = 99 Monaten innerhalb von 8 Jahren ist demnach ein recht guter Lunisolarkalender, weil in einer ganzen Zahl von Jahren auch fast genau eine ganze Zahl von Monaten liegt. Dieser Zyklus war auch tatsächlich unter der Bezeichnung Oktaëteris im antiken Griechenland bis über die Zeit der Einführung des Metonzyklus hinaus in Gebrauch (Cleostratos von Tenedos, um 520 BC), bevor er letztlich durch den Kallippischen Zyklus abgelöst wurde. Vor der Einführung der Oktaëteris in Griechenland schaltete man in einer Spanne von zwei Jahren einen Schaltmonat

ein, womit 25 synodische Monate auf 2 Jahre kamen (2. Näherung der Kettenbruchentwicklung, siehe Tabelle 3). Ein früher Lunisolarkalender in Griechenland, der Solon von Athen (7.-6. Jahrhundert v. Chr.) zugeschrieben wird, besaß 6 x 30 + 6 x 29 = 354 Tage im ersten Jahr und 354 + 30 = 384 Tage im zweiten Jahr. Der Gesamtzyklus enthält 738 Tage, womit man auf eine Monatslänge von 738 / 25 = 29,52 Tage und eine Jahreslänge von 738 / 2 = 369 Tagen kommt; eine große Abweichung zum tropischen Jahr, die nicht lange unbemerkt bleiben konnte. Besser ist die Triëteris mit 37 Monaten in drei Jahren. Bei einer Rechnung in Mondzeit erhält dieser Zyklus 1093 Tage, die man auf Mondjahre mit 354, 355 und 384 Tagen verteilen kann. Damit erhält man eine Monatslänge von 1093 / 37 = 29,5405 Tagen und eine Jahreslänge von 364,3333 Tagen, mit einem jährlichen Fehler von etwa 1 Tag.

Steigerung der Zyklusgenauigkeit - vom Fünfjahreszyklus zum Dreißigjahreszyklus

Kombiniert man den Zweijahreszyklus und die Trieëteris, so erhält man den Fünfjahreszyklus mit 738 + 1093 = 1831 Tagen bzw. 62 synodischen Monaten. Er produziert im Mondsektor einen Fehler von 0,1 Tagen (bzw. 1 Tag in 50 Jahren) und im Sonnensektor einen Fehler von 1831 - 1826,21 = 4,79 Tagen, mithin einen Fehler von ca. 1 Tag pro Jahr. Die Sonne ist vor Ablauf von 1831 Tagen am Ausgangspunkt zurück, läuft also um etwa um 1 Tag pro Jahr zu schnell. Im Mondsektor ist der Fünfjahreszyklus recht gut, im Sonnensektor schlecht. Durch die sechsmalige Anwendung des Fünfjahreszyklus summiert sich der Fehler im Sonnensektor auf 28,74 Tage, was ungefähr einem Monat entspricht. Durch Wegfall eines Schaltmonats innerhalb von sechs Fünfjahreszyklen, die dann nur noch 6 x 62 - 1 = 371 Monate enthalten, erzielt man demnach wieder gute Übereinstimmung auch mit der Sonne. Die 62 Monate innerhalb eines Fünfjahreszyklus verteilen sich auf fünf reguläre Mondjahre aus je 12 Monaten und zwei zusätzliche Schaltmonate.
Die 30-jährige Großperiode aus sechs Fünfjahreszyklen produziert einen Fehler zwischen der Mond- und der Sonnenzeit von nur 1,4 Tagen (siehe Tabelle 4). Wie aber sind nun die separaten Fehler im Mondsektor und im Sonnensektor zu bestimmen? - Der gesamte Zyklus beinhaltet gemäß der Vorgabe der Zykluslänge im Fünfjahreszyklus von 1831 Tagen insgesamt 6 x 1831 - 30 = 10956 Tage (der ausgefallene Schaltmonat enthält 30 Tage). Der Großzyklus aus 6 x 62 -1 = 371 Kalendermonaten weist eine Monatslänge von 10956 / 371 = 29,53100 auf. Pro Monat beläuft sich der Fehler demnach auf 29,531-29,530585 = 0,000415 Tage, was in 371 Monaten bzw. 30 Jahren zu einem Fehler von 0,154 Tagen führt, also zu 1 Tag Fehler in 195 Jahren (30/0,154). Die Kalendersonne benötigt für einen Umlauf 10956 / 30 = 365,20 Tage und der Fehler im Sonnensektor beläuft sich damit auf 1 Tag in 24 Jahren (1/(365,242315 - 365,20)).
Durch eine kleine Umstellung der Zählweise von Sonnendaten im Kalender kann man die Genauigkeit im Sonnensektor noch ohne Mühe merklich erhöhen. Verschiebt man nämlich alle Daten der Sonnenwenden und Äquinoktien im folgenden 30-jährigen Großzyklus um 1 Tag auf ein späteres Datum als im vorangegangenen Großzyklus, so erweckt dies den Anschein, als benötige die Sonne einen Tag mehr für die Rückkehr zum Ausgangspunkt als bei einer Beibehaltung der ursprünglichen Sonnendaten in einem System mit 10956 Tagen. Für die Sonne erhöht sich damit die Zykluslänge auf 10957 Tage und die Jahreseckdaten verschieben sich von Großzyklus zu Großzyklus jeweils um einen Tag in dem auf Mondzeit aufgebauten Kalender. Der Fehler im Sonnensektor reduziert sich durch diese Verschiebung merklich, denn mit einer Zykluslänge von 10957 Tagen erhält man eine Jahreslänge für die Kalendersonne von 10957 / 30 = 365,2333 Tagen, was zu einem Fehler von 1 Tag in 111 Jahren führt (1/(365,242315-365,2333)), eine mit dem Mondsektor vergleichbare Genauigkeit.

Der Kalender von Coligny enthält zur Steigerung der Genauigkeit nach dieser Verschiebungsmethode ein solches Zählsystem, was für eine Erweiterung der dort enthaltenen Fünfjahresperiode aus 62 Monaten zu einer Großperiode spricht, die die Fehler, die sich innerhalb eines Basiszyklus einstellen, zum Ausgleich bringen und zum größten Teil eliminieren. Die Verwendung einer 30-jährigen Periode bei den Kelten ist durch Plinius und Plutarch belegt und auf dem Kalender von Coligny finden sich auch restliche Hinweise auf eine Verwendung des 30-jährigen Großzyklus, folgt man der Analyse und Interpretation von Olmsted. Olmsted kann darlegen, dass sich im letzten Stadium des Kalenders, wohl kurz vor der römischen Eroberung im ersten Jahrhundert vor Christus, noch ein 25-jähriger Großzyklus entwickelt hat, der auf den oben angedeuteten Verschiebungstechniken basiert. Dieser 25-jährige Großzyklus ist derart komplex und entwickelt, dass seine Eignung für eine mündliche Überlieferung in einer schriftlosen Kulturepoche ausgeschlossen erscheint. Der 30-jährige Zyklus weist aber eine hohe Harmonie hinsichtlich seiner Gliederung und der hierarchischen Wiederkehr der beiden Zahlen 5 und 6 auf, so dass er als ursprünglicher Großzyklus für die keltische Zeitrechnung in Frage kommt. Dies wird in einem späteren Abschnitt erläutert.

Entscheidungskriterien bei der Wahl eines Kalenderzyklus

Wie anhand der Tabelle 4 und der im Text diskutierten Beispiele ersichtlich ist, erfolgt die Festlegung auf ein lunisolares Kalendersystem keineswegs allein anhand der astronomischen Grundlagen. Es sind verschiedene Entscheidungen erforderlich, wobei die Festlegung auf einen bestimmten Zyklus zwar von hoher Bedeutung, aber nicht allein ausschlaggebend ist. Mit der Wahl des Zyklus (siehe Tabelle 3) liegt das weitere Vorgehen keineswegs schon völlig fest. Die Frage nach der angestrebten Genauigkeit, in die natürlich auch der jeweilige astronomische Kenntnisstand einet Kultur über die mittleren Zykluslängen von Sonne und Mond eingeht, ist ebenso zu beantworten wie die Frage nach der Priorität der Sonnen- oder der Mondzeitrechnung. Denn es ist ein ganz wesentlicher Unterschied, ob der Kalender den Jahreseckdaten des Sonnenlaufs (Sonnenwenden und Äquinoktien) feste Daten im Kalender zuweist, was eine Rechnung nach Sonnenzeit leisten würde, oder den Mondphasen, die bei der Rechnung nach Mondzeit auf immergleiche Daten fallen. Möglich ist auch die Variante des siderischen Lunisolarkalenders, der auf der Stellung des Mondes in Kreis der 27 oder 28 Mondhäuser Bezug nimmt, weniger auf die Mondphase. Diese zeigt sich in einem siderischen Lunisolarkalender im Laufe des Jahres bei der allmonatlichen Wiederkehr des Mondes in bestimmten Mondhäusern und zeigt bei dem auf diese Weise gleichsam am Sternenhimmel festgehaltenen Mond die Jahreszeit an.
Schließlich bleibt auch noch die Frage nach dem Rechenschema zu entscheiden, mit dem die Zeit gezählt werden soll. Dies ist eine rein mathematische Kategorie bei der Festlegung der Grundlagen des projektierten Lunisolarkalenders. Für schriftlose Kulturen ist zu erwarten, dass ein möglichst einfaches und praktikables Schema gewählt wurde, welches die Verteilung der vollen und hohlen Monate regelt und auch die Sequenz der Einfügung von Schaltmonaten, die aus normalen Mondjahren mit zwölf Monaten Schaltmondjahre mit dreizehn Monaten machen.
In diesem mathematischen Sektor des Kalenderkalküls eröffnen sich mit der Wahlmöglichkeit für die Länge des Kalenderzyklus in Tagen weitere Freiheiten. Weicht nämlich die Sonnenzeit und/oder die Mondzeit nach Ablauf eines Zyklus eine annähernd ganze Zahl von Tagen von der astronomischen Zykluslänge ab (siehe Tabelle 4), so kann dies durch eine entsprechende Verschiebung der Daten (Sonneneckdaten oder eine bestimmte Mondphase, die das Startzeichen für den neuen Monat bildet) im nächsten Zyklus noch ausgeglichen werden. Dieses Prinzip basiert auf der Nähe des sich bis zum Zyklusende aufbauenden Zeitfehlers an

der Ganzzahligkeit. Es impliziert ganz praktische und kulturgeschichtlich relevante Konsequenzen, da z.B. in so einem Fall einer Datumsverschiebung im Mondsektor im nächsten Großzyklus die Monate nicht mehr etwa mit Neulicht beginnen, sondern vielleicht mit Halbmond. Vor allem jene Verschiebungsmöglichkeiten sind interessant, die zu einer Verlagerung der Daten im kommenden Großzyklus um eine Zeitspanne führen, die ihrerseits der Länge eines Subzyklus (z.B. der Woche) entspricht. Olmsteds Rekonstruktion des Kalenders von Coligny mit einem 25-jährigen Großzyklus ist Beispiel für eine solche Verschiebung sowohl der Jahreseckdaten der Sonne als auch der Mondphasen von Großzyklus zu Großzyklus. Die Verschiebung der Mondphasen von fünf Tagen in jedem Großzyklus entspricht der Länge der Woche in diesem Kalender. Der synodische Monat ist dort aus sechs 5-Tage-Wochen aufgebaut.
Ohne Olmsteds weitreichende Analyse und Interpretation hier weiter darstellen oder gar bewerten zu wollen, ist sie allein schon durch ihre mathematische Möglichkeit Ausweis und Beispiel für die Anpassungsmöglichkeiten eines Rechensystems an den Lauf von Sonne und Mond. Die Auswahl der Länge des realisierten Kalenderzyklus in Tagen ist folglich nicht zwangsläufig allein von der Astronomie vorbestimmt, sondern kann auch unter Ausnutzung solcher mathematischen Anpassungsmöglichkeiten erfolgen, die damit in gewissen Grenzen Spielräume für die Kalenderkonstruktion liefern. Bereits bei einem Unterschied von nur einem Tag in der Zykluslänge kann sich eine ganz andere Art der Zeitrechnung einstellen!
Diese verschiedenen Anpassungsmöglichkeiten erschweren letztlich die Identifikation eines tatsächlichen prähistorischen Kalendersystems und werfen auch noch Interpretationsspielräume bei der Bewertung einer Kalenderhypothese auf:
Deutet man eine Wahl der Zykluslänge, die gegenüber dem Wert, der sich aus Tabelle 4 als geboten herausstellt, um einen Tag differiert, nun als Nachlässigkeit aus Unkenntnis der richtigen Astronomie, oder als Hinweis auf ein elaboriertes Zeitzählungssystem unter Ausnutzung von Verschiebungsmöglichkeiten (sofern im gegebenen Fall die Mathematik des Systems die Genauigkeitssteigerung durch Verschiebung zulässt)? - Diese Frage möge veranschaulichen, wie komplex und wie unsicher das Gebiet der Rekonstruktion prähistorischer Kalender ist, wenn die Datenlage schlecht ist.
Umgekehrt kann man schließen: Sofern die grundlegenden Fragen vor der Festlegung auf einen bestimmten Lunisolarzyklus nicht beantwortet sind, ist eine Rekonstruktion eines prähistorischen Kalendersystems *en detail* praktisch ausgeschlossen. Man wird sich in Fällen unzureichender Datenlage mit ganz allgemeinen Ergebnissen begnügen müssen, derart, ob es sich etwa um einen Sonnenkalender oder einen synodischen oder siderischen Mondkalender gehandelt hat.
Der Kalender von Coligny stellt eine Ausnahme dar. Er ist ein Fundstück aus der schriftlichen, gallorömischen Epoche und damit <u>kein</u> prähistorisches Objekt. Seine grundsätzliche Natur als Kalender steht außer Frage, und über seine Bedeutung als Objekt der Zeitrechnung muss hier im Gegensatz zu entsprechend interpretierten prähistorischen Objekten nicht spekuliert werden. Und obwohl er nur zum Teil erhalten ist, bietet er ein hinreichendes Datenmaterial für umfassende Strukturanalysen.

Der Kalender von Coligny

Im Jahr 1897 wurde etwa zwei Kilometer nördlich der kleinen Stadt Coligny im Département Ain, Frankreich, ein besonderer Zufallsfund gemacht. Bei Feldarbeiten trat ein Depot aus Bronzefragmenten zutage, aus denen sich eine 174 cm große Statue, wahrscheinlich des Gottes Mars, zusammensetzen ließ. Viele weitere Bruchstücke erwiesen sich als Reste einer 148 cm x 90 cm großen Bronzetafel, auf der ein Steckkalender eingraviert war. Aus den 153 Fragmenten dieses Kalenders ließ sich die Tafel zu rd. 45% zusammensetzen (Abb. 1).



Abb. 1: Stark verkleinerte Wiedergabe des Faksimiles des Kalenders von Coligny von Seymour de Ricci aus dem Jahr 1926 [4]. Die vier grau markierten Fragmente wurden von de Ricci falsch platziert und sind hier an die Stellen gerückt, die ihnen gemäß der Rekonstruktion von Duval und Pinault aus dem Jahr 1986 [5] zugewiesen werden.

Warum die unvollständigen Reste der zerbrochenen Bronzetafel dort vergraben wurden, bleibt rätselhaft. Fragmente eines vergleichbaren Kalenders wurden in gallorömischen Heiligtümern in Villards d´Héria entdeckt, das nur rd. 30 Kilometer östlich von Coligny liegt. Leider sind nur sehr wenige Reste dieses Kalenders erhalten, der im Tempelbezirk am Lac d´Antré (größtes Fragment, entdeckt 1807, heute verschollen) oder im Heiligtum Pont des Arches stand (acht sehr kleine Fragmente, entdeckt 1965 bei Ausgrabungen von Lucien Lerat im Flüßchen Héria). Die kleinen Fragmente gestatten keine Analyse der mathematischen Struktur dieses Kalenders. Das größere Fragment lässt sich aber der entsprechenden Stelle des Coligny-Kalenders am Übergang der Monate Anagantios und Ogronnios zuordnen. Soweit ersichtlich, sind die Notationen identisch (Abb. 2).

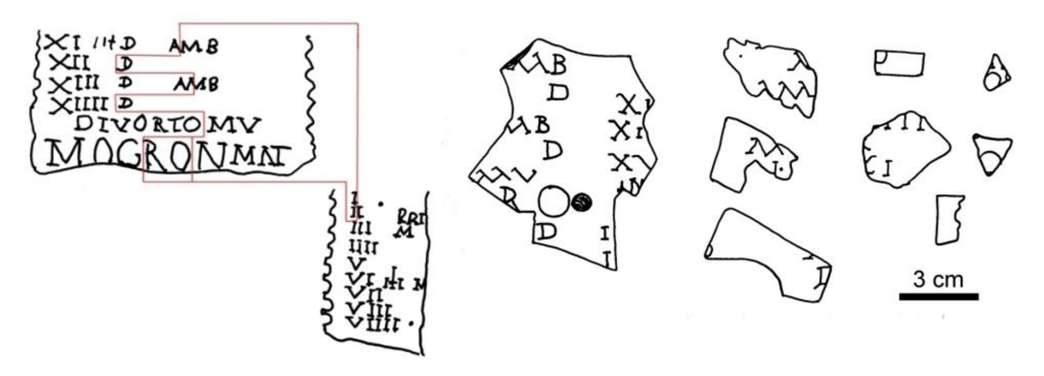


Abb. 2: Das größte Fragment des Kalenders aus Villards d´Héria (mitte) im Vergleich mit der entsprechenden Stelle des Kalenders von Coligny am Übergang der Monate Anagantios und Ogronnios (links, rot eingerahmt). Ganz rechts die Faksimiles der acht kleinen Fragmente, die L. Lerat 1965 im Flüßchen Héria bei Ausgrabungen im Heiligtum Pont des Arches fand. Der Maßstab gilt nur für diese Fragmente. Anscheinend stammen alle Fragmente vom gleichen Kalender, obwohl des größte Fragment im Lac d´Antre in einer Entfernung von etwa einem Kilometer vom Pont des Arches gefunden wurde. Neuzeichnung nach den Faksimiles in [5].

Der Coligny-Kalender ist eines der umfangreichsten keltischen Schriftdokumente, die heute bekannt sind. Die Sprache ist keltisch, die Schrift lateinisch. Wichtige Forschungsliteratur bilden die Quellen [3-11], wobei die umfassende Arbeit von Duval und Pinault aus dem Jahr 1986 [5] alle bis Mitte der 1980er Jahre gewonnenen Erkenntnisse vollständig darstellt und nur noch um Olmsteds Entdeckungen zur Struktur der TII-Marken [3,10] zu ergänzen sind, um das vollständige Bild des heutigen Forschungsstandes zu erhalten.
Anhand der Gestalt der in Bronze eingravierten Buchstaben wird der Kalender in das zweite Jahrhundert AD datiert. Zu dieser Zeit war die keltische Kultur nach der Eroberung Galliens durch Julius Caesar Mitte des ersten Jahrhunderts BC erloschen, jedoch mögen sich noch im römischen Gallien vereinzelt keltische Traditionen und religiöse Praktiken erhalten haben, mit denen der Kalender im Zusammenhang stehen könnte. Es gibt aber auch Auffassungen, er stamme aus dem ersten vorchristlichen Jahrhundert, aus der Zeit vor der Eroberung Galliens durch Julius Caesar. Mit der römischen Zeitrechnung steht der Kalender nicht im Einklang, auch wenn es verschiedentlich Versuche gegeben hat, ihn auf der Grundlage des Julianischen Kalenders stehend zu deuten (eine Darstellung der Forschungsgeschichte findet man in Teil 1, Sektion 2 in Olmsteds Buch [3]).

Die Bronzetafel ist in 16 Spalten und 4 Zeilen gegliedert. Die insgesamt 4 x 16 = 64 Unterabschnitte enthalten 62 Monate eines Lunisolarkalenders mit einem Basiszyklus von fünf Jahren. Er besteht aus 5 Mondjahren mit jeweils 12 Monaten und zwei Schaltmonaten. Die Schaltmonate nehmen auf der Tafel den doppelten Raum der gewöhnlichen Monate ein, so dass die insgesamt 64 Unterabschnitte vollständig ausgefüllt sind. Die 30-tägigen Schaltmonate befinden sich am Anfang und in der Mitte des Fünfjahreszyklus, also vor dem Jahr 1 und in der Mitte des Jahres 3. Ihre Namen sind Quimonios und Rantaranos (?) und ihre Tage sind nach den 30 Monaten benannt, die zwischen jeweils zwei Schaltmonaten liegen. Den Schaltmonaten folgen innerhalb von zweieinhalb Jahren immer 30 gewöhnliche Monate nach, deren Namen lauten:

Tabelle 5: Die gewöhnlichen Monate eines Mondjahres im Kalender von Coligny

Nr.	Monatsname	Monatslänge	Qualität
1	Samonios	30 Tage	matus (glückbringend)
2	Dumannios	29	anmatus (unglückbringend)
3	Rivros	30	matus
4	Anagantios	29	anmatus
5	Ogronnios	30	matus
6	Qutios	30	matus
7	Giamonios	29	anmatus
8	Semivisonns	30	matus
9	Equos	30/28/29	anmatus
10	Elembivios	29	anmatus
11	Aedrinios	30	matus
12	Cantlos	29	anmatus

Den einzelnen Monaten ist eine astrologische Qualität zugeschrieben; sie werden als glück- oder unglückbringend verstanden. Die keltische Bezeichnung dieser Attribute ist *matus* bzw. *anmatus*. Auf der Kalendertafel sind sie als *mat* bzw. *anm* abgekürzt. Volle Monate mit einer Länge von 30 Tagen gelten als glückbringend (*matus*), hohle Monate mit nur 29 Tagen als unglückbringend (*anmatus*). Jeder Monat ist in zwei fünfzehntägige Hälften geteilt, die durch das Wort *Atenoux* getrennt sind. *Atenoux* könnte so etwas wie "Rückkehr der Nacht" bedeuten und sich damit auf die Monatshälfte mit abnehmendem Mond oder auf die Vollmondzeit beziehen.

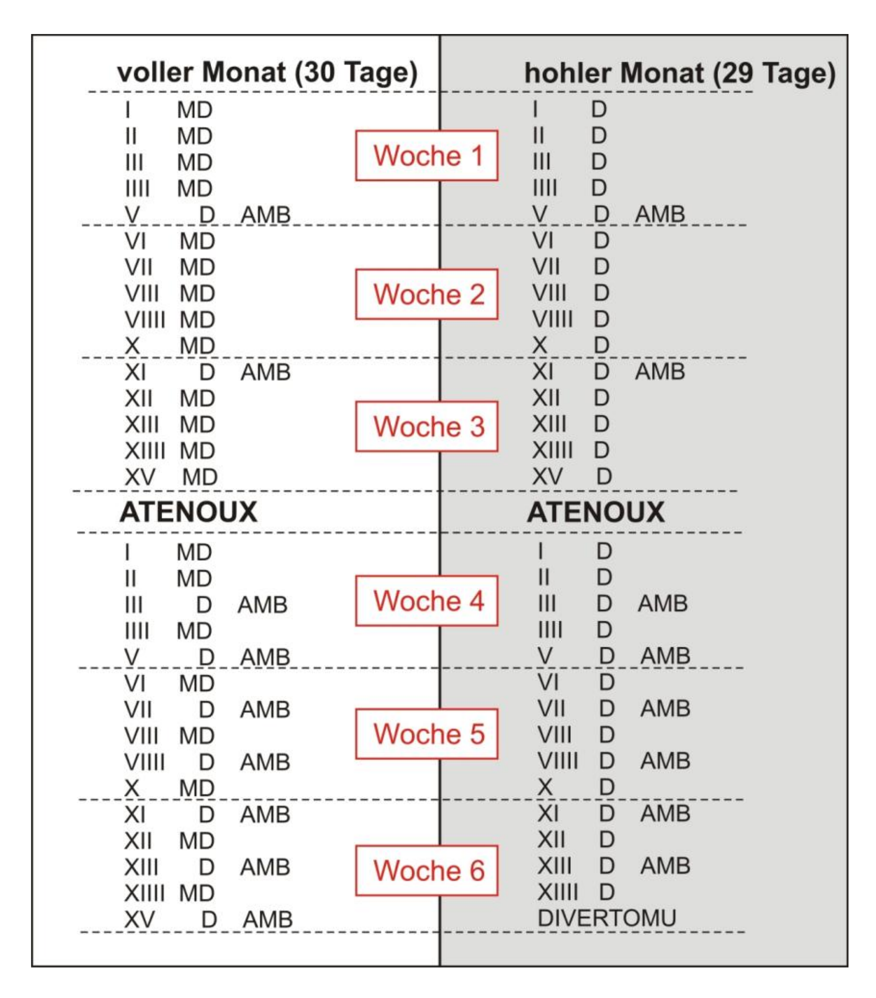


Abb. 3: Strukturierung der vollen Monate (30 Tage) und hohlen Monate (29 Tage + DIVERTOMU) in 6 Wochen zu je 5 Tagen und 2 Monatshälften. D, MD und AMB sind in allen Monaten wiederkehrende Notationen mit den wahrscheinlichen Bedeutungen "Tag", "günstiger Tag" und "ungünstiger Tag". Volle Monate werden als "günstige", hohle Monate als "ungünstige Monate" gelistet.

In den hohlen Monaten fehlt natürlich der 15. Tag der zweiten Monatshälfte. An dessen Stelle befindet sich die Bezeichnung *Divertomu*, was als Abkürzung für "ein verlorener Tag an der Stelle des Dreißigsten" (Olmsted) gedeutet werden kann. Ein Loch, wie neben den anderen Tagen, die jeweils von 1 bis 15 in römischen Zahlzeichen durchnummeriert sind, fehlt neben *Divertomu*. Offensichtlich war die generelle Strukturierung der Monate in zwei fünfzehntägige Abschnitte wichtig und deshalb die Bezeichnung des fehlenden zweiten Fünfzehnten in hohlen Monaten mit *Divertomu*.
Im französischen Wort "Quinzaine" lebt die Bezeichnung für einen Fünfzehntagesabschnitt noch fort. Ein fünfzehntägiger Halbmonat lässt sich in drei Fünftageswochen unterteilen, und der ganze Monat in sechs 5-Tageswochen (Abb. 3), was für die Strukturierung des Coligny-Kalenders und die Möglichkeit der Anwendung der Verschiebungstechnik im 25-jährigen Großzyklus von entscheidender Bedeutung ist, da es in der Folge von 25-jährigen Großzyklen zu genau einer solchen Verschiebung von fünf Tagen im Mondsektor kommt (Näheres dazu in Olmsteds Buch). Bereits auf dieser untersten Ebene der keltischen Zeitrechnung scheint das Zahlenpaar 5 und 6 auf, welches auf verschiedenen Hierarchieebenen immer wieder die Strukturierung der Zeit in Untereinheiten bestimmt.

Obwohl die Kalendertafel nur zu rund 45% erhalten ist, kann man fast ausnahmslos die Folge der hohlen und vollen Monate in allen fünf Jahren anhand der Angaben *matus*, *anmatus*, *divertomu* und den Längen der zweiten Monatshälften bei den erhaltenen Monaten ermitteln.

Durch Übertrag der Länge eines erhaltenen Monats in einem Jahr auf die entsprechenden Monate in den anderen Jahren lässt sich die Grundstruktur des Kalenders rekonstruieren. Gelegentlich hilft auch die Lochreihe (zumeist halbiert wegen der entlang dieser Reihen in Fragmente zerbrochenen Tafel) bei der Entscheidung der Frage, ob ein Monat in der zweiten Monatshälfte 14 oder 15 Tage aufweist. Die hohlen Monate, die mit *divertomu* enden, haben nur 14 Löcher in der zweiten Monatshälfte. Die Abbildung 4 zeigt die Grundstruktur des Kalenders mit der sich fünfmal wiederholenden Abfolge der zwölf Monate in einem Jahr und den zwei Schaltmonaten. In Fettdruck sind die Angaben gesetzt, die Aufschluß über Namen und Länge des Monats geben und die auf der Tafel lesbar oder unmittelbar rekonstruierbar sind. Die in grauer Schrift eingetragenen Angaben sind nicht erhalten, lassen sich aber anhand der erhaltenen Partien des Kalenders leicht rekonstruieren.

Eine einzige Ausnahme bzw. Widersprüchlichkeit im ansonsten regelmäßigen Schema der vollen Monate (*matus*) und hohlen Monate (*anmatus*) ist der 9. Monat Equos. Er besitzt in den Jahren 1 und 5 des fünfjährigen Basiszyklus 30 Tage (siehe Abbildung 4), wird aber dennoch als unglückbringender Monat (*anmatus*) geführt. Offensichtlich hat er mindestens einmal in den Jahren 2, 3 und 4 eine geringere Monatslänge. Die entsprechenden Fragmente der Monate Equos in den Jahren 2, 3 und 4 sind leider nicht erhalten, jedoch lassen sich, neben der erforderlichen Gesamtlänge des ganzen Zyklus als Summe aller Tage in allen Monaten, weitere Belege für eine schwankende Länge des Monats Equos anführen. So befinden sich im Folgemonat von Equos im zweiten Jahr, dem Monat Elembivios, zu Beginn fünf Festtage (jeweils mit *ivos* bezeichnet), ansonsten, nach 30-tägigen Monaten mit Festtagen am Monatsende nur vier Festtage zu Beginn des Folgemonats. Anscheinend wurde hier ein ausgefallener Festtag am Ende des verkürzen Monats Equos im Folgemonat nachgeholt.

<table>
<tr><td rowspan="2">Qui
MAT
30

XV</td><td>Riv
Mat
30
XV</td><td>Gia
ANM
29
DIV</td><td>Aed
MAT
30
XV</td><td>Riv
MAT
30
XV</td><td>Gia
ANM
29
DIV</td><td>Aed
MAT
30
XV</td><td>Riv
MAT
30
XV</td><td rowspan="2">Ran
MAT
30

XV</td><td>Equ
ANM
?
?</td><td>Sam
MAT
30
XV</td><td>Ogr
MAT
30
XV</td><td>Equ
ANM
?
?</td><td>Sam
MAT
30
XV</td><td>Ogr
MAT
30
XV</td><td>Equ
ANM
30
XV</td></tr>
<tr><td>Ana
ANM
29
DIV</td><td>Sim
MAT
30
XV</td><td>Can
ANM
29
DIV</td><td>Ana
ANM
29
DIV</td><td>Sim
MAT
30
XV</td><td>Can
ANM
29
DIV</td><td>Ana
ANM
29
DIV</td><td>Ele
ANM
29
DIV</td><td>Dum
ANM
29
DIV</td><td>Qut
MAT
30
XV</td><td>Ele
ANM
29
DIV</td><td>Dum
ANM
29
DIV</td><td>Qut
MAT
30
XV</td><td>Ele
ANM
29
DIV</td></tr>
<tr><td>Sam
MAT
30
XV</td><td>Ogr
MAT
30
XV</td><td>Equ
ANM
30
XV</td><td>Sam
MAT
30
XV</td><td>Ogr
MAT
30
XV</td><td>Equ
ANM
?
?</td><td>Sam
MAT
30
XV</td><td>Ogr
MAT
30
XV</td><td>Gia
ANM
29
DIV</td><td>Aed
MAT
30
XV</td><td>Riv
MAT
30
XV</td><td>Gia
ANM
29
DIV</td><td>Aed
MAT
30
XV</td><td>Riv
MAT
30
XV</td><td>Gia
ANM
29
DIV</td><td>Aed
MAT
30
XV</td></tr>
<tr><td>Dum
ANM
29
DIV</td><td>Qut
MAT
30
XV</td><td>Ele
ANM
29
DIV</td><td>Dum
ANM
29
DIV</td><td>Qut
MAT
30
XV</td><td>Ele
ANM
29
DIV</td><td>Dum
ANM
29
DIV</td><td>Qut
MAT
30
XV</td><td>Sim
MAT
30
XV</td><td>Can
ANM
29
DIV</td><td>Ana
ANM
29
DIV</td><td>Sim
MAT
30
XV</td><td>Can
ANM
29
DIV</td><td>Ana
ANM
29
DIV</td><td>Sim
MAT
30
XV</td><td>Can
ANM
29
DIV</td></tr>
</table>

Abb. 4: Grundschema des Kalenders mit Reihenfolge und Länge der Mondmonate. Lesbare oder unmittelbar erschließbare Angaben sind fett gedruckt. Am Ende der Monate ist entweder XV (fünfzehnter Tag der zweiten Monatshälfte) als Zeichen für den vollen Monat oder DIV (Abkürzung für *divertomu*) als Zeichen für den hohlen Monat eingetragen. Durch Übertrag auf fehlende Stellen (in grauer Schrift) lässt sich ein - bis auf den Monat Equos - widerspruchsfreies und logisches Schema ermitteln. In roten arabischen Ziffern ist das Rekonstruktionsergebnis für die Länge eines jeden Monats eingetragen, wobei begründete Zweifel in diesem elementaren Stadium der Rekonstruktion nur an der Länge von Equos in den Jahren 2, 3 und 4 bleiben.

Im dritten Jahr allerdings muss Equos wie im ersten und fünften Jahr 30 Tage besitzen, da das dritte Jahr insgesamt 385 Tage enthält. Dies steht zu Beginn des Schaltmonats Rantaran geschrieben, der in der Mitte dieses Jahr eingeschaltet wird (Abb. 5).



Abb. 5: Der Anfang des zweiten Schaltmonats im Coligny-Kalender. Monatsname ist wahrscheinlich Rantaran (oder Bantaran) in der fünften Zeile, denn dahinter steht ein M (wohl für *matus*) und ab der nächsten Zeile beginnen die täglichen Notationen.
In den ersten zwei Zeilen steht vermutlich ein Merkspruch oder Vers, analog zu den letzten Zeilen des ersten Schaltmonats Quimonios. Darin bedeutet *Sonno Cingos* „Pfad der Sonne".
In der dritten Zeile steht in römischer Schreibweise die Zahl der Monate des kommenden Jahres – 13 – und in der vierten die Zahl der Tage dieses Schaltjahres – 385!

Da es bei der Länge der anderen Monate, inklusive der des Schaltmonats Rantaran, keinen Grund gibt, an der Regelmäßigkeit des Grundschemas der Abbildung 3 zu zweifeln, kommt man nur mit einem 30-tägigen Equos im Jahr 3 auf insgesamt 385 Tage. Mit der verbleibenden Ungewissheit der Länge von Equos in den Jahren 2 und 4 bleibt zunächst eine Wahlfreiheit in der Zykluslänge, die zu unterschiedlichen Interpretationsmöglichkeiten führt. Für Equos werden Monatslängen von 28, 29 und 30 Tagen diskutiert und folglich kann die Zykluslänge 1831 bis 1835 Tage betragen. Die Abbildung 6 schlüsselt diese Variationsmöglichkeiten auf.

	Jahr 1				Jahr 2			Jahr 3			Jahr 4			Jahr 5	
Qui MAT 30	Riv Mat 30	Gia ANM 29	Aed MAT 30	Riv MAT 30	Gia ANM 29	Aed MAT 30	Riv MAT 30	Ran MAT 30	Equ ANM 30	Sam MAT 30	Ogr MAT 30	Equ ANM ?	Sam MAT 30	Ogr MAT 30	Equ ANM 30
	Ana ANM 29	Sim MAT 30	Can ANM 29	Ana ANM 29	Sim MAT 30	Can ANM 29	Ana ANM 29		Ele ANM 29	Dum ANM 29	Qut MAT 30	Ele ANM 29	Dum ANM 29	Qut MAT 30	Ele ANM 29
Sam MAT 30	Ogr MAT 30	Equ ANM 30	Sam MAT 30	Ogr MAT 30	Equ ANM ?	Sam MAT 30	Ogr MAT 30	Gia ANM 29	Aed MAT 30	Riv MAT 30	Gia ANM 29	Aed MAT 30	Riv MAT 30	Gia ANM 29	Aed MAT 30
Dum ANM 29	Qut MAT 30	Ele ANM 29	Dum ANM 29	Qut MAT 30	Ele ANM 29	Dum ANM 29	Qut MAT 30	Sim MAT 30	Can ANM 29	Ana ANM 29	Sim MAT 30	Can ANM 29	Ana ANM 29	Sim MAT 30	Can ANM 29

385 Tage | 355 Tage (Equ 30 Tage), 354 Tage (Equ 29 Tage), 353 Tage (Equ 28 Tage) | 385 Tage | 355 Tage (Equ 30 Tage), 354 Tage (Equ 29 Tage), 353 Tage (Equ 28 Tage) | 355 Tage

Abb. 6: Die fünf Mondjahre des Kalenders von Coligny und ihre Längen in Tagen, je nach Ansatz für die Länge des Monats Equos in den Jahren 2 und 4. Die Jahre 1 und 3 enthalten die 30-tägigen Schaltmonate (gelb unterlegte große Kästchen).

Olmsted weist Equos im zweiten Jahr 28 Tage und im vierten Jahr 29 Tage zu, so dass er insgesamt auf 1832 Tage kommt, eine unerlässliche Voraussetzung für seine Rekonstruktion eines 25-jährigen Großzyklus. Die ältere Auffassung von Mac Neill, der einen 30-jährigen Großzyklus erschloss [8], geht von jeweils 28 Tagen in Equos in den Jahren 2 und 4 aus und insgesamt 1831 Tagen im Fünfjahreszyklus. Die Tabelle 6 listet die Monatslängen gemäß beider Interpretationen auf.

Tabelle 6: Verteilung der Tage des Gesamtzyklus auf die Monate und Jahre im Coligny-Kalender

Monatsname	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5
Quimonios	30 Tage	---	---	---	---
1) Samonios	30	30	30	30	30
2) Dumannios	29	29	29	29	29
3) Rivros	30	30	30	30	30
4) Anagantio	29	29	29	29	29
5) Ogronnios	30	30	30	30	30
6) Qutios	30	30	30	30	30
Rantaranos	---	---	30	---	---
7) Giamonios	29	29	29	29	29
8) Semivisonns	30	30	30	30	30
9) Equos	30	28	30	28 / 29	30
10) Elembivios	29	29	29	29	29
11) Aedrinios	30	30	30	30	30
12) Cantlos	29	29	29	29	29
Jahressummen:	385	353	385	353 / 354	355
Gesamtsumme:	1831 / 1832 Tage				

Eine Fünfjahresperiode von 1831 Tagen ist eine sehr gute Annäherung an 62 synodische Monate mit 1830,90 Tagen (siehe Abschnitt über die Güte des Fünfjahreszyklus). Ein solcher Kalender folgt den Mondphasen sehr genau und es ist naheliegend, dass er auf Mondzeit aufgebaut ist, indem er die synodischen Monate als Untereinheiten abzählt. Wie aber verhält es sich mit der Genauigkeit des 1831-tägigen Zyklus im Sonnensektor? - Fünf Sonnenjahre enthalten 1826,21 Tage. Nimmt man an, der Kalender beginne mit einer Sonnenwende, so tritt die gleiche Sonnenwende (entweder die des Sommers oder Winters) nach Ablauf des fünfjährigen Lunisolarzyklus 1831 - 1826,21 = 4,79 Tage früher ein, also noch vor Ablauf des 62. Mondmonats. Die Sonnenwendtermine und damit auch alle anderen sonnenbezogenen Daten und Festtage wandern in der Folge mehrerer Fünfjahreszyklen auf immer frühere Kalenderdaten in der auf Mondzeit basierten Zeitrechnung. Nach jedem Fünfjahreszyklus treten die Sonnenwenden knapp 5 Tage früher auf, als im vorangegangenen Zyklus.

Bezogen auf ein einzelnes Jahr bedeutet dies: Die Sonne benötigt für ihren Jahreskreis 365,2423 - 12 x 29,5306 = 10,88 Tage mehr als der Mond für zwölf Lunationen (synodisches Mondjahr). Der Mond gewinnt also gegen die Sonne rd. 11 Tage (er ist schneller als 1/12 der Sonnengeschwindigkeit) bzw. anders ausgedrückt: die Sonne verliert gegenüber dem Mondjahr 11 Tage. In dem auf Sonnenzeit basierten Gregorianischen Kalender z.B. äußert sich das dahingehend, dass die Vollmondtermine im Allgemeinen von Monat zu Monat auf ein um ein Tag früheres Datum fallen. (Tatsächlich erfolgt diese Verschiebung wegen der verschiedenen Monatslängen von 28, 29, 30 und 31 Tagen und ihrer unregelmäßigen Folge im Jahr nicht derart systematisch.) In einem auf Mondzeit basierten Kalender verlagern sich entsprechend die sonnenbezogenen Daten (wie etwa der Eintritt der Sonne in ein neues Tierkreiszeichen) von Monat zu Monat um einen Tag auf ein späteres Datum. Nimmt man der Einfachheit halber zunächst an, der Unterschied zwischen Sonnen- und Mondjahr betrage volle 12 Tage, so wächst der Unterschied in fünf Jahren auf 60 Tage an. Dieser Unterschied

wird durch das Einfügen von zwei 30-tägigen Schaltmonaten zusätzlich zu den 60 normalen Monaten ausgeglichen. Danach beginnt das folgende Mondjahr wieder synchron mit dem Sonnenjahr. Die 30-tägigen Schaltmonate holen gewissermaßen den Rückstand auf, den die Sonne im Laufe von fünf Jahren gegen den Mond erleidet. In Olmsteds Analyse und Sprechweise fällt die Sonne jeden Monat einen Tag gegen den Mond zurück, indem sie den üblichen täglichen Fortschritt in einer "Sonnennacht" (*Noux Sonno*), die einmal monatlich auftritt, wieder rückgängig macht. Ansonsten macht sie täglich den gleichen Fortschritt wie der Mond, d.h. die Mondgeschwindigkeit gleicht 1/12 der Sonnengeschwindigkeit. Nach Ablauf von 30 Monaten werden diese diskreten Rückschritte der 30 zurückliegenden "Sonnennächte" durch das Einfügen eines Schaltmonats nachgeholt, der aus den 30 Tagen, an denen diese Rückschritte erfolgten, gebildet wird (Abb. 7). Die Tage mit Sonnennächten sind auf dem Kalender mit "N" markiert, was von Olmsted als *Noux Sonno* gelesen wird (Abb. 8). Mit Hilfe dieser N-Zählung lassen sich die Sonnendaten (z.B. die Sonnenwendtermine) im Laufe aufeinanderfolgender Fünfjahreszyklen im Kalender verfolgen (die N-Zählung ist komplexer, als in diesem vereinfachten Ausgangsbeispiel hier angedeutet ist; siehe Olmsteds Buch).

Qui MAT 30	Riv MAT 30	Gia ANM 29	Aed MAT 30	Riv MAT 30	Gia ANM 29	Aed MAT 30	Riv MAT 30	Ran MAT 30	Equ ANM 30	Sam MAT 30	Ogr MAT 30	Equ ANM ?	Sam MAT 30	Ogr MAT 30	Equ ANM 30
	Ana ANM 29	Sim MAT 30	Can ANM 29	Ana ANM 29	Sim MAT 30	Can ANM 29	Ana ANM 29		Ele ANM 29	Dum ANM 29	Qut MAT 30	Ele ANM 29	Dum ANM 29	Qut MAT 30	Ele ANM 29
Sam MAT 30	Ogr MAT 30	Equ ANM 30	Sam MAT 30	Ogr MAT 30	Equ ANM ?	Sam MAT 30	Ogr MAT 30	Gia ANM 29	Aed MAT 30	Riv MAT 30	Gia ANM 29	Aed MAT 30	Riv MAT 30	Gia ANM 29	Aed MAT 30
Dum ANM 29	Qut MAT 30	Ele ANM 29	Dum ANM 29	Qut MAT 30	Ele ANM 29	Dum ANM 29	Qut MAT 30	Sim MAT 30	Can ANM 29	Ana ANM 29	Sim MAT 30	Can ANM 29	Ana ANM 29	Sim MAT 30	Can ANM 29

Abb. 7: Die 30 Tage der Schaltmonate (gelbe Kästchen) sind nach den vorangegangenen 30 Monaten benannt. Die Sequenz der 30 Monate zwischen zwei Schaltungen kann als "Monat aus Monaten" bezeichnet werden.

Allerdings beträgt die Zeitdifferenz zwischen Sonnen- und Mondjahr nicht 12, sondern nur rd. 11 Tage. Folglich verliert die Sonne gegen den Mond nach Ablauf von fünf Mondjahren nicht 60 Tage wie im vereinfachten Beispiel zuvor, sondern nur rd. 55 Tage. Durch das Einfügen von zwei 30-tägigen Schaltmonaten bringt man Sonne und Mond deshalb nicht vollständig zum Ausgleich, sondern die Sonne ist knapp fünf Tage voraus (die Sonnenwendtermine kommen nach jedem Zyklus fünf Tage - genauer 1831 - 5 x 365,242315 = 4,79 Tage - früher). Diese rd. fünf Tage addieren sich nach insgesamt sechs Fünfjahreszyklen zu rd. 30 Tagen (genauer: 6 x 4,79 = 28,73 Tagen). Durch das Auslassen eines Schaltmonats - etwa zu Beginn einer Periode aus sechs Fünfjahreszyklen kommt man zu einem sehr guten dreißigjährigen Großzyklus, denn der Fehler in Sonnenzeit beträgt dann nur noch 30 - 28,73 = 1,27 Tage.

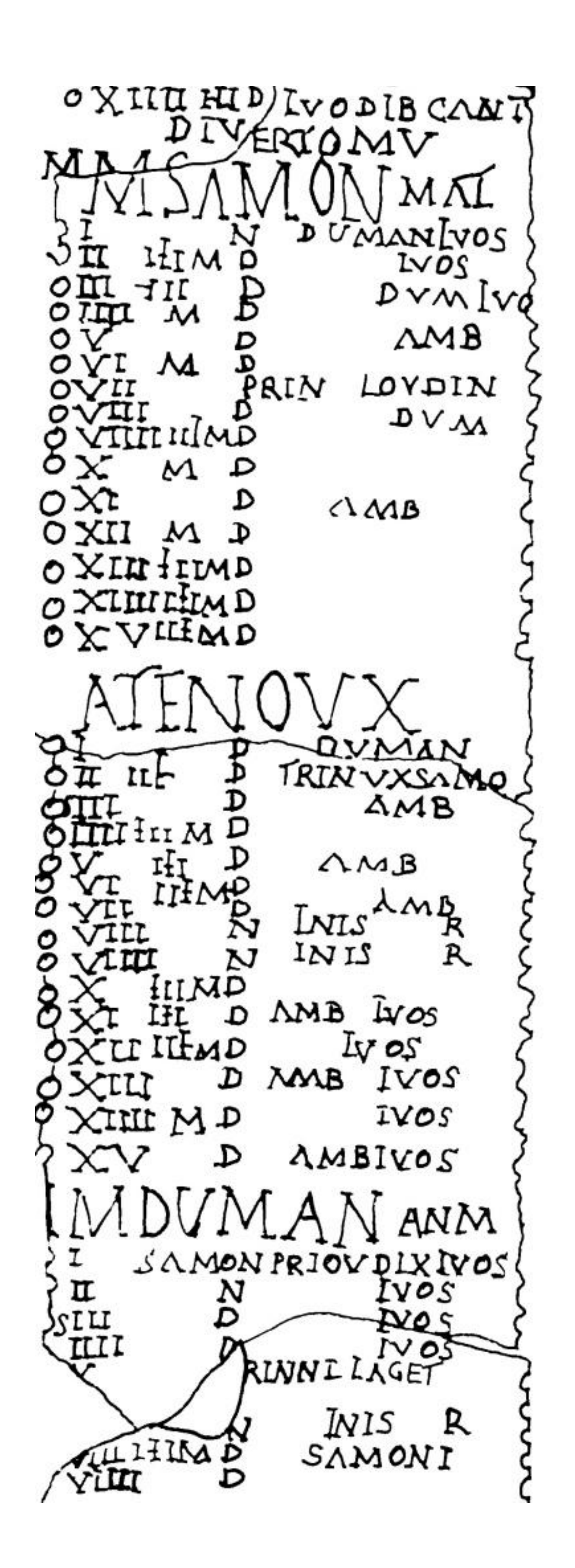


Abb. 8: Der Monat Samonios im Jahr 2 (einziger vollständig erhaltener Monat auf der Kalender-tafel), davor das Ende von Cantlos im Jahr 1, danach der Anfang von Dumannios im Jahr 2. An Samonios-1 und Dumannios-2 ist ein N eingetragen. Diese Tage gehören zur N-Zählung und sie erscheinen auch im Schaltmonat Rantaran wieder. Die gelegentlich in den Mitten der Monatshälften zu findenden Einträge N INIS R sind mit der N-Zählung nicht korreliert und deuten - wie die vermutlichen Festtage IVOS - auf bestimmte mondphasengebundene Tage, vielleicht mit einer bestimmten astrologischen Qualität hin, wahrscheinlich ebenso wie Tage mit der Notation AMB, die nur an ungeraden Tagen auftritt. Die Einträge PRINNI LOUDIN (an Samonios-7) und PRINNI LAGET (an Dummanios-5) stehen nach Olmsted mit einer weiteren Zählung für die Sonnendaten in Verbindung, die nach den Monatsachten mit den Trigrammen TII, ITI und IIT fortgesetzt wird. An den Tagen IIII und X der zweiten Hälfte des Monats Samonios (Samonios-4a und -10a) findet sich das Trigramm TII, bei V und XI (Samonios-5a und -11a) das Trigramm ITI und bei VI und XII (Samonios-6a und -12a) das Trigramm IIT. Die drei Trigramme TII, ITI und IIT stehen häufig in einer Dreiergruppe zusammen, die sich wie hier oft zu einer gleichartigen Nachbargruppe im Sechstagesabstand befindet. Wegen Verschiebungen von Kalendertagen und Notationen von einem Monat zu einem anderen, die auch die Trigramme betreffen, wird die zugrundeliegende Symmetrie der Trigramm-Struktur im Kalender zum Teil verwischt und erst nach der Rekonstruktion der ursprünglichen Lage der Zeichen wird diese sichtbar.
Im Monat Samonios taucht mehrmals der Name des Nachbarmonats Dumannios auf, was bedeutet, dass die betreffenden Tage (z.B. Samonios-1 und Samonios-1a) mit den entsprechenden Tagen im Monat Dumannios ausgetauscht werden. Die N-Zählung ist im Gegensatz zu den Trigrammen von diesen Austauschbewegungen nicht betroffen.

Ein dreißigjähriger Großzyklus, der zunächst aus einem Fünfjahreszyklus mit 1801 Tagen (mit nur einem Schaltmonat) besteht, dem fünf Zyklen zu 1831 Tagen folgen (mit jeweils zwei Schaltmonaten) besitzt 1801 + 5 x 1831 = 10956 Tage, 30 Sonnenjahre mit 30 x 365,2423 = 10957,27 Tagen dauern nur 1,27 Tage länger.

Die im nächsten Abschnitt folgende Diskussion stellt die mathematische Eleganz des 30-jährigen Zyklus dar. Er beruht auf der mehrfachen Verwendung der Zahlen 5 und 6. Nach Olmsteds Analyse basiert der Kalender von Coligny allerdings auf einem 25-jährigen Großzyklus. Olmsted erschließt das aus der Struktur der verschiedenen Zählsysteme für die Sonnendaten, die auf der Bronzetafel zu finden sind. Sie sprechen übereinstimmend für eine Verschiebung der Sonnendaten um jeweils sechs Tage nach Ablauf von fünf Jahren, nicht um nur fünf Tage, wie das bei einem 1831-tägigen Basiszyklus der Fall ist, auf dessen Grundlage man zum 30-jährigen Großzyklus gelangt. Eine Verschiebung von sechs Tagen deutet dagegen auf eine Länge von 1832 Tage in einem Fünfjahreszyklus hin, mit der Folge auch einer Verschiebung der Mondphasen zu den in Mondzeit gerechneten Kalenderdaten. Durch die Wahl der Monatslängen von Equos (28 Tage im Jahr 2 und 29 Tage im Jahr 4) gelangt Olmsted zu einem 1832-Tages-Zyklus als Basis für einen 25-jährigen Großzyklus. Um den Preis der Verschiebung der Mondphasen zu den Kalenderdaten der Mondmonate erhält man nach fünf 1832-tägigen Zyklen, also 25 Jahren, eine fantastische Genauigkeit sowohl im Sonnen- als auch im Mondsektor mit nur einem Fehler von 1 Tag in rd. 500 Jahren.

Eines dieser Zählsysteme für Sonnendaten im Kalender ist die erwähnte N-Zählung (Abb. 8). Auch sie weist auf der Coligny-Tafel eine Verschiebung von sechs Tagen innerhalb von 5 Jahren auf (und folglich 30 Tagen in 25 Jahren) - im Widerspruch zur Verschiebung von 5 Tagen pro Fünfjahreszyklus innerhalb eines dreißigjährigen Großzyklus (30 Tage in 30 Jahren). Olmsted sieht in dieser N-Zählung auf der Coligny-Kalendertafel die Weiterentwicklung einer entsprechenden Zählung in einem 30-jährigen Zyklus. Dort mache die N-Zählung aufgrund gewisser Strukturüberlegungen mehr Sinn, als in einem 25-jährigen Zyklus. Auf dem Coligny-Kalender soll diese ältere Zählung zwar in modifizierter Form überlebt haben, schließlich aber durch eine verfeinerte Zählung in Gestalt der sog. "Trigramme" ersetzt worden sein. Bei den Trigrammen handelt es sich um drei senkrechte Striche, die gruppenweise im Sechstagesabstand auftreten und von denen ein Strich gekreuzt ist (Abb. 8). Olmsted bezeichnet dieses System als "TII-Zählung" und kodiert mit den drei Großbuchstaben "T", "I" und "I" die drei senkrechten Striche, wobei das "T" den gekreuzten ersten Strich des Trigramms TII symbolisiert. Unmittelbar benachbart zum Trigramm TII findet man häufig die Form ITI und schließlich noch IIT als dritte Form einer Dreiergruppe (Abb. 8). Die TII-Zählung kann nach Olmsted nur in einem 25-jährigen Zyklus sinnvoll als Zählsystem für Sonnendaten gedeutet werden (der Beweis für diese Behauptung steht noch aus). Sie stelle das höchstentwickelte und letzte Zählsystem der keltischen Zeitrechnung dar. Das komplizierte 25-jährige System habe sich aus dem einfacheren 30-jährigen System entwickelt, aber die gegenüber der TII-Zählung einfachere N-Zählung für die Sonnendaten stamme bereits aus dieser Epoche der keltischen Zeitrechnung. In dieser letzten Stufe hätten die Kelten die primäre Bindung der Zeitrechnung an die Mondphasen gelockert, mit der Folge, dass sich nach Ablauf eines 25-jährigen Großzyklus die Mondphase eines bestimmten Datums auf den entsprechenden Tag der 5-tägigen Folgewoche verschoben habe. Im Gegensatz zu diesem komplizierten späten System ist der frühere 30-jährige Großzyklus ein Kandidat für ein mündlich tradiertes Kalendersystem.

Die Verwendung eines Dreißigjahreszyklus bei den Kelten

> *Nach Plinius wies der Zyklus eine Dauer von dreißig Jahren auf, er bestand demnach aus zwölfmal zweieinhalb Jahren. Die Gallier hatten also einen kleinen Zyklus von zweieinhalb Jahren und einen großen Zyklus von dreißig Jahren, ..., der erste kann verstanden werden als ein Groß-Monat aus dreißig und einer Lunation, der zweite als ein Groß-Jahr aus zwölf Groß-Monaten. Gleicherweise wie der gewöhnliche Monat ein Monat aus Tagen ist, ist der kleine Zyklus ein Monat aus Lunationen und schließlich der Großzyklus ein Monat aus Jahren...*
> *(Seymour de Ricci 1898)*

Schon kurz nach der Entdeckung der Fragmente in Coligny stellte Seymour de Ricci mit bemerkenswerter Klarsicht und die Erkenntnisse aus späteren Zeiten vorausahnend die besondere Eleganz des keltischen Zeitrechnungssystems fest [6]. Grundlage dieser frühen Einsicht, die im obigen Zitat zum Ausdruck kommt, ist eine Erwähnung bei Plinius dem Älteren im 16. Buch seiner Naturgeschichte: "... am sechsten Tage nach Neumond, zu einem Zeitpunkt, an dem bei ihnen [den Kelten] die Monate und Jahre beginnen, sowie nach Ablauf von dreißig Jahren eine Generation." Das berühmte Zitat ist ein bemerkenswertes schriftliches Zeugnis für die Verwendung einer 30-jährigen Großperiode in einem lunaren Zeitrechnungssystem. Gleichzeitig ist auch von den an eine bestimmte Mondphase (dem sechsten Tag nach Neumond) geknüpften Monats- und Jahresanfängen die Rede, ein untrüglicher Hinweis auf die Verwendung von Mondzeit in Gestalt des synodischen Monats als Basiseinheit.
Seymour de Riccis Idee der Verknüpfung des Fünfjahreszyklus von Coligny mit dem Dreißigjahreszyklus aus dem Plinius-Bericht wurde von Eoin Mac Neill 1926 auf eine sichere Grundlage gestellt [8]. Durch die Diskussion einer variablen Länge des Monats Equos und der Verträglichkeit dieser Annahme mit den verschiedenen Notationen auf der Tafel, erschloss er die Deutungsmöglichkeit, der Coligny-Kalender beinhalte genau 1831 Tage und sei Basiselement eines 30-Jahreszyklus aus 6 x 1831 - 30 = 10956 Tagen.

Unterstellt man die Richtigkeit dieser Überlegung für die Frühform des keltischen Kalenders als auch die der weiteren Annahme, der keltische Kalendermonat habe einst mit Neulicht begonnen (üblicherweise erster Tag des synodischen Monats in Mondkalendern) und der Monatsbeginn sei durch den Fehler des 30-Jahreszyklus im Mondsektor von 1 Tag in rd. 200 Jahren erst mit der Zeit auf den sechsten Tag des Monats gewandert, so kommt man auf eine Entstehungszeit dieses Systems, die etwa ein Jahrtausend vor der Beobachtung liegt, von der Plinius berichtet, also noch in der Bronzezeit [3].

Weitere schriftliche Belege, die einen Dreißigjahreszyklus und einen Fünfjahreszyklus im Zusammenhang mit Gebräuchen und religiösen Praktiken im keltischen Kulturkreis erwähnen, befinden sich bei Plutarch ("Alle dreißig Jahre, wenn der Stern des Chronos [Saturn] ... in das Sternbild Stier eintritt, halten sie [die Leute von Britannien] ein merkwürdiges Ritual ab..."; Moralia 26, 941) und bei Diodorus Siculus ("Die Verbrecher halten sie [die Gallier] fünf Jahre lang gefangen, weihen sie, an Pfählen gespießt, den Göttern und verbrennen sie mit vielen anderen Opfergaben auf sehr hohen Scheiterhaufen, die sie zu diesem Zweck errichten.", Fünftes Buch der Universalgeschichte). Gestützt auf diese verschiedenen Belege wird nun der Dreißigjahreszyklus als wahrscheinliche Grundlage der frühen keltischen Zeitrechnung hinsichtlich dessen Zahlenstruktur dargestellt.

Die hierarchische Gliederung und mathematische Eleganz des Dreißigjahreszyklus

Die mündliche Verwendung und Überlieferung eines Kalendersystems wird durch eine hierarchische Gliederung der verschiedenen Zeiteinheiten "Tag", "Woche", "Halbmonat", "Monat", "Halbjahr", "Schaltperiode" (halber Schaltzyklus), "Schaltzyklus" und "Großzyklus" begünstigt. Das keltische System erfüllt diese Anforderung in herausragender Weise.
Auf der untersten Hierarchieebene steht die Woche aus 5 Tagen. Drei dieser Wochen bilden einen Halbmonat; durch die Verdoppelung erhält man schließlich einen vollen Monat aus 6 Wochen (Abb. 3). In gleicher Weise lässt sich nun auf der obersten Hierarchieebene die Struktur des Dreißigjahreszyklus darstellen (Abb. 9). Er besteht aus sechs Fünfjahreszyklen, die mithin als "Groß-Groß-Wochen" bezeichnet werden können und einen 30-jährigen "Groß-Groß-Monat" bilden. Die zweimalige Verwendung des Vorsatzes "Groß" wird verständlich, wenn gleich noch die mittlere Strukturebene betrachtet wird.

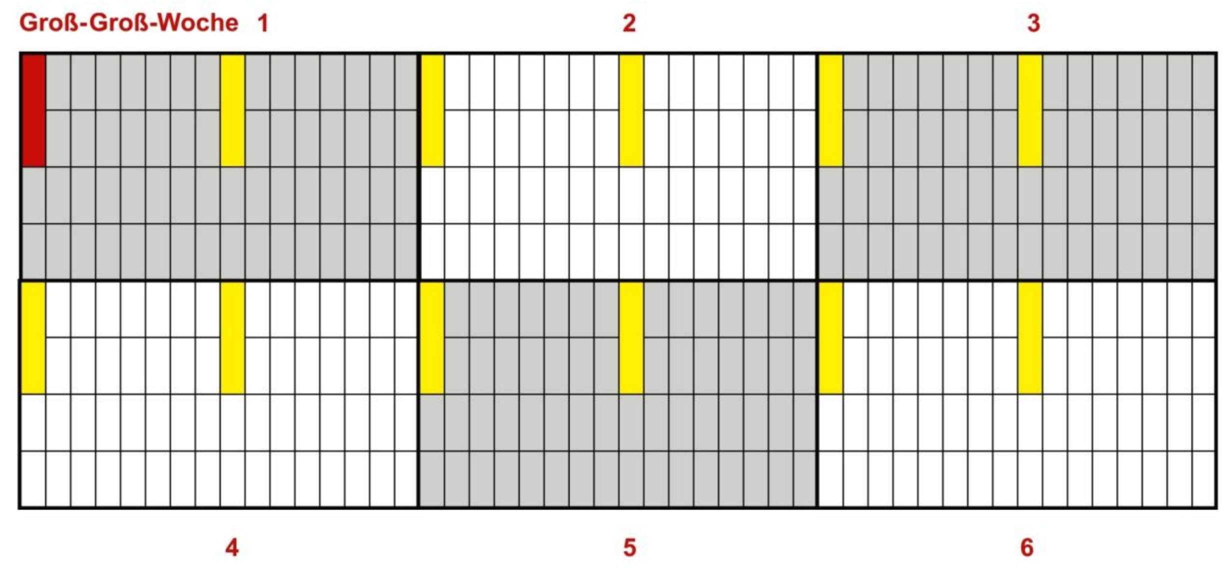


Abb. 9: Der Dreißigjahreszyklus als "Groß-Groß-Monat" aus 6 "Groß-Groß-Wochen" (Fünfjahreszyklen). Die gelben Kästchen stellen die Schaltmonate dar; das rote Kästchen symbolisiert den ausgelassenen Schaltmonat zu Beginn des Großzyklus. Dargestellt sind die insgesamt 6 x 62 - 1 = 371 Monate in 30 Jahren.

Jede der 5 "Groß-Groß-Wochen" besteht ihrerseits aus 5 Jahren (Abb. 6), die auf dieser obersten Hierarchieebene nun als "Groß-Groß-Tage" angesprochen werden können. Mithin lässt sich der 30-jährige "Groß-Groß-Monat" mit seinen 30 "Groß-Groß-Tagen" auch als ein "Monat aus Jahren" bezeichnen (Abb. 10). Die unterste Hierachieebene (1 Monat aus 6 Wochen bzw. 30 Tagen) findet demnach hinsichtlich ihrer Zahlenstruktur eine vollständige Entsprechung auf der obersten Strukturebene: 30 Jahre (1 "Groß-Groß-Monat") bestehen aus 6 Fünfjahreszyklen (6 "Groß-Groß-Wochen") bzw. 30 "Groß-Groß-Tagen" (30 Jahren).

Schließlich ist diese Strukturierung auf der Basis der Zahlen 5 und 6 auch noch auf einer mittleren Hierarchieebene zu finden. Fasst man die 30 Monate zwischen zwei Schaltmonaten als "Groß-Monat" bzw. als "Monat aus Monaten" auf (Abb. 7), der sich außerdem noch in 6 "Groß-Wochen" bzw. "Wochen zu je 5 Monaten" unterteilen lässt, so stellt sich der Dreißigjahreszyklus als ein "Groß-Jahr" aus zwölf "Groß-Monaten" dar (Abb. 11).

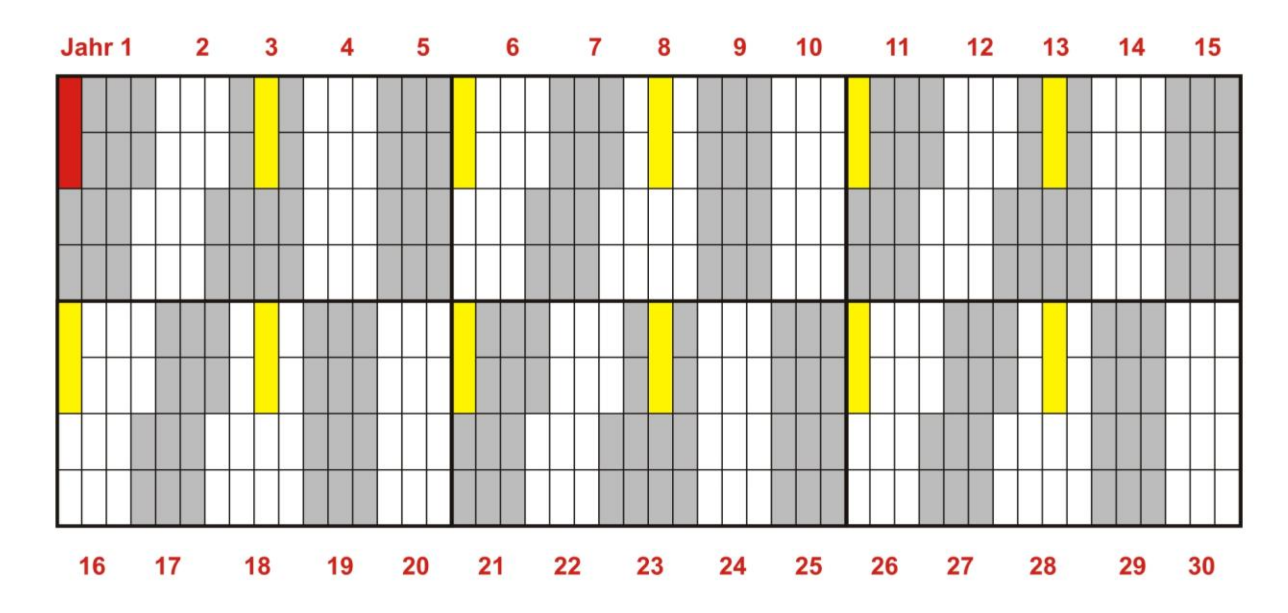


Abb. 10: Der 30-Jahreszyklus als "Groß-Groß-Monat" aus 30 "Groß-Groß-Tagen", bzw. als "Monat aus Jahren".

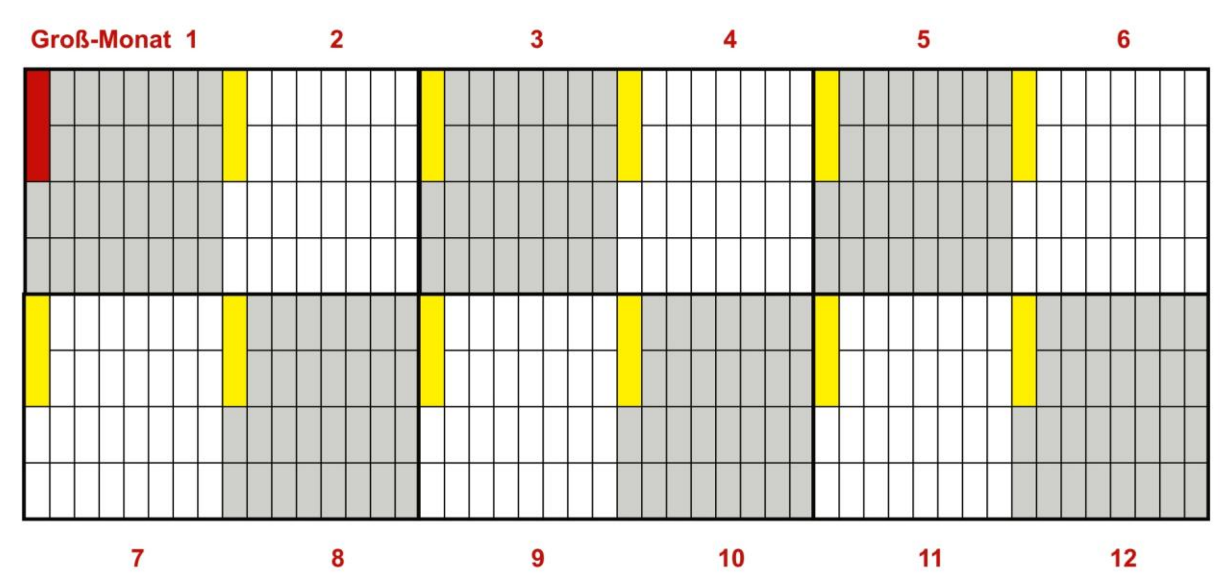


Abb. 11: Die 30-monatige Schaltperiode als "Monat aus Monaten" interpretiert, führt zu einem 30-jährigen "Groß-Jahr" aus 12 dieser Untereinheiten.

Die Zusammenstellung in Tabelle 7 listet für die verschiedenen Hierarchieebenen die wiederkehrenden Zeiteinheiten "Tag", "Woche", "Monat" und "Jahr" auf, schlüsselt die Verwendung der Begriffe wie "Groß-Monat" etc. auf und ermöglicht direkte Vergleiche der drei Ebenen.

Die zyklische Struktur des Systems ist im Großen wie im Kleinen praktisch identisch. Allein auf der mittleren Hierarchieebene gibt es einen kleinen Bruch, da eine "Groß-Woche" aus 5 Monaten sich im System als unauffällig erweist und stattdessen eine Strukturierung des "Groß-Monats" in 5 Unterabschnitte zu jeweils 6 Monaten (Halbjahr) sinnvoller erschiene.

Tabelle 7: Hierachieebenen des 30-jährigen Lunisolarkalenders

Untere Hierarchieebene	
1 Tag	= 1 Tag
1 Woche	= 5 Tage
1 Monat	= 30 Tage = 6 Wochen
1 Jahr	= 12 Monate = 12 x 30 Tage (symbolisches Jahr)

Mittlere Hierachieebene	
1 Groß-Tag	= 1 Monat
1 Groß-Woche	= 5 Monate
1 Groß-Monat	= 30 Monate = 6 Groß-Wochen (2,5-jährige Schaltperiode)
1 Groß-Jahr	= 12 Groß-Monate = 30 Jahre = 12 x 30 Monate (30-Jahreszyklus)

Obere Hiereachieebene	
1 Groß-Groß-Tag	= 1 Jahr
1 Groß-Groß-Woche	= 5 Jahre (5-Jahreszyklus)
1 Groß-Groß-Monat	= 30 Jahre = 6 Groß-Groß-Wochen (30-Jahreszyklus)
(1 Groß-Groß-Jahr	= 12 Groß-Groß-Monate = 12 x 30 Jahre)

Weitergehende Überlegungen zur Symmetrie der Kalendertafel von Coligny

Die besondere Strukturierung des Dreißigjahreszyklus auf der Grundlage der Zahlen 5 und 6 auf allen Hierarchieebenen des Kalenders demonstriert die Bedeutung der Mathematik im Denken der Kelten beim Aufbau ihres Zeitrechnungssystems. Diese bemerkenswerte Symmetrie rechtfertigt die weitergehende Vermutung, dass auch bislang weniger beachtete Details wie die Verteilung der *matus*- und *anmatus*-Monate und die Geometrie der Kalendertafel noch Informationen beinhalten könnten, die mit Struktur- und Symmetrieüberlegungen zu gewinnen sind.

Die Visualisierung des Dreißgjahreszyklus im vorangegangenen Abschnitt (Abbildungen 9, 10 und 11) bedeutet nicht, dass es einmal sechs Bronzetafeln gegeben haben muß, die den sechs Fünfjahreszyklen des 30-jährigen Zyklus entsprachen. Die Tafel von Coligny beinhaltet Zählsysteme, mit denen die Verschiebung der Sonnendaten nach Ablauf der einzelnen Fünfjahreszyklen eines Großzyklus erfaßt wird (siehe Olmsteds Buch). Es ist deshalb nicht erforderlich, weitere Bronzetafeln für die verschiedenen Unterzyklen zu postulieren.

Die 62 Monate des Fünfjahreszyklus sind auf einer rechteckigen Tafeln mit 16 Spalten und 4 Zeilen untergebracht, wobei die 2 überzähligen Felder der Tafel aus 4 x 16 = 64 Feldern den Schaltmonaten zugeschlagen sind, die damit auf der Tafel den doppelten Raum eines gewöhnlichen Monats einnehmen (siehe z.B. Abb. 7). Alternative Darstellungsmöglichkeiten wären eine quadratische Tafel mit 8 x 8 Feldern und eine langrechteckige Tafel mit 2 x 32 Feldern (Abb. 12). Die Primfaktorzerlegung von 62 liefert dagegen mit 31 eine ungerade Zahl. Entsprechend wäre als Kalendertafel noch ein schmales langes Rechteck mit 2 x 31 Feldern denkbar, auf der die Schaltmonate den gleichen Raum wie die gewöhnlichen Monate beanspruchen. Eine Anordnung der 62 Monate in mehr als zwei (vollständigen) Zeilen ist dabei allerdings nicht möglich.

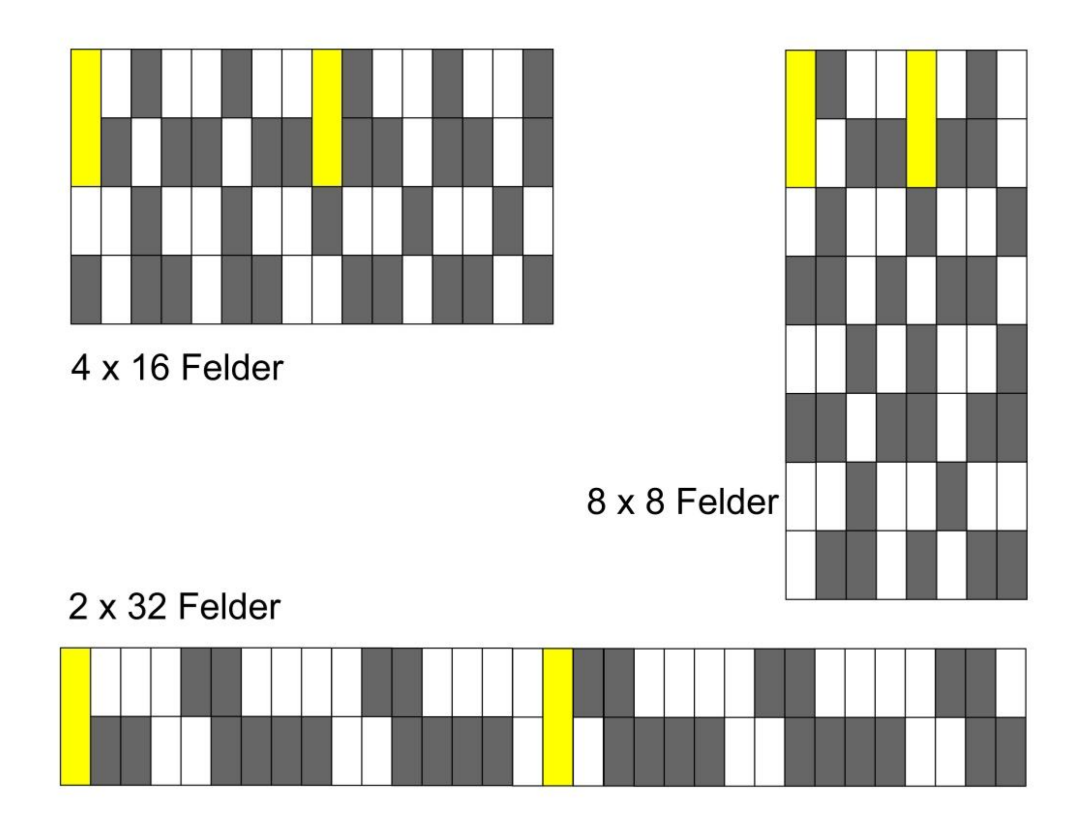


Abb. 12: Die drei möglichen rechteckigen Anordnungen der 62 Monate auf einer Kalendertafel mit 64 Feldern (die Form 1 x 64 ausgenommen und die Zählung der Monate in Spalten von oben nach unten und von links nach rechts - analog zur Originaltafel - vorausgesetzt). *Matus*-Monate sind als weiße Rechtecke, *anmatus*-Monate als graue Rechtecke dargestellt.

Die Wahl fiel auf ein Rechteck mit 64 Feldern in 4 Zeilen und 16 Spalten. Weist diese Lösung besondere Eigenschaften auf? - Ansatzpunkt zur Untersuchung dieser Frage ist die Verteilung von *matus*- und *anmatus*-Monaten über das reguläre zwölfmonatige Mondjahr. Im Coligny-Kalender ist es geteilt in eine Jahreshälfte mit ansteigender Sonnenbahn (von Samonios bis Giamonios) und eine Hälfte mit absteigender Sonnenbahn (von Giamonios bis Samonios). Die aufsteigende Hälfte beginnt mit einem *matus*-Monat (Samonios) und beinhaltet insgesamt 4 *matus*-Monate. Die absteigende Jahreshälfte beginnt mit einem *anmatus*-Monat (Giamonios) und beinhaltet insgesamt 4 *anmatus*-Monate (siehe Tabelle 8).

Tabelle 8: Die Verteilung von *matus*- und *anmatus*-Monaten im Coligny-Kalender und die drei CP-symmetrischen Varianten (zur Erklärung siehe Text)

Nr.	Monatsname	Coligny-Kalender		Variante 1	Variante 2	Variante 3
1	Samonios	mat	+	+	+	+
2	Dumannios	anm	-	-	-	-
3	Rivros	mat	+	+	+	-
4	Anagantios	anm	-	+	+	+
5	Ogronnios	mat	+	-	+	+
6	Qutios	mat	+	+	-	+

7	Giamonios	anm	-	-	-	-
8	Semivisonns	mat	+	+	+	+
9	Equos	anm	-	-	+	-
10	Elembivios	anm	-	+	-	-
11	Aedrinios	mat	+	-	-	-
12	Cantlos	anm	-	-	-	+

Nach Olmsted ist die Aufteilung der 4 *matus*- bzw. *anmatus*-Monate in den Halbjahren so gewählt, dass sie möglichst gleichmäßig verteilt liegen. Das allerdings greift zu kurz. Warum ist dann keine symmetrische Verteilung in den beiden Halbjahren gewählt worden?
Ein Blick auf die geometrische Anordnung der Monate auf der Kalendertafel eröffnet nun eine neue Einsicht. Bei der gewählten Verteilung erhält man ein möglichst harmonisches Bild, und zwar nicht im Sinne der zeitlichen Abfolge im Kalender, sondern in Form ihrer geometrischen Verteilung auf der Tafel (Abbildung 13 oben).
Diese Tafelbild birgt eine besondere Symmetrie: Entfernt man die Spalten mit den gelb gezeichneten Schaltmonaten, so ist die restliche Tafel symmetrisch bezüglich des Mittelpunktes (Abb. 13 unten). Allerdings stellt man keine einfache Punktspiegelungs-symmetrie fest, sondern eine kombinierte Symmetrie unter Punktspiegelung und Vertauschung von schwarz und weiß, also Vertauschung der Qualitäten *matus* und *anmatus*.
In Anlehnung an die Raumspiegelungssymmetrie P und die Ladungskonjugationssymmetrie C in der Physik kann diese kombinierte Symmetrie auf der Coligny-Tafel als „CP-Symmetrie" bezeichnet werden.

Qui MAT	Riv MAT	Gia ANM	Aed MAT	Riv MAT	Gia ANM	Aed MAT	Riv MAT	Ran MAT	Equ ANM	Sam MAT	Ogr MAT	Equ ANM	Sam MAT	Ogr MAT	Equ ANM
	Ana ANM	Sim MAT	Can ANM	Ana ANM	Sim MAT	Can ANM	Ana ANM		Ele ANM	Dum ANM	Qut MAT	Ele ANM	Dum ANM	Qut MAT	Ele ANM
Sam MAT	Ogr MAT	Equ ANM	Sam MAT	Ogr MAT	Equ ANM	Sam MAT	Ogr MAT	Gia ANM	Aed MAT	Riv MAT	Gia ANM	Aed MAT	Riv MAT	Gia ANM	Aed MAT
Dum ANM	Qut MAT	Ele ANM	Dum ANM	Qut MAT	Ele ANM	Dum ANM	Qut MAT	Sim MAT	Can ANM	Ana ANM	Sim MAT	Can ANM	Ana ANM	Sim MAT	Can ANM

Riv MAT	Gia ANM	Aed MAT	Riv MAT	Gia ANM	Aed MAT	Riv MAT
Ana ANM	Sim MAT	Can ANM	Ana ANM	Sim MAT	Can ANM	Ana ANM
Ogr MAT	Equ ANM	Sam MAT	Ogr MAT	Equ ANM	Sam MAT	Ogr MAT
Qut MAT	Ele ANM	Dum ANM	Qut MAT	Ele ANM	Dum ANM	Qut MAT

Equ ANM	Sam MAT	Ogr MAT	Equ ANM	Sam MAT	Ogr MAT	Equ ANM
Ele ANM	Dum ANM	Qut MAT	Ele ANM	Dum ANM	Qut MAT	Ele ANM
Aed MAT	Riv MAT	Gia ANM	Aed MAT	Riv MAT	Gia ANM	Aed MAT
Can ANM	Ana ANM	Sim MAT	Can ANM	Ana ANM	Sim MAT	Can ANM

Abb. 13: Die CP-Symmetrie der Coligny-Tafel. Entfernt man im Coligny-Kalender die beiden Spalten mit den hier gelb gezeichneten Schaltmonaten, so ist die verbleibende Tafel (siehe unteres Teilbild) symmetrisch bezüglich des rot gezeichneten Mittelpunktes unter der kombinierten Operation der Punktspiegelung und der Vertauschung von *matus* und *anmatus* (weiß und schwarz).

Eine in beiden Halbjahren spiegelbildliche Verteilung von *matus*- und *anmatus*-Monaten führt dagegen zu einem Tafelbild ohne entsprechende CP-Symmetrie. In Abbildung 14 ist dies anhand des Beispiels (*mat* - *anm* - *mat* - *anm* - *mat* - *mat*, 1. Halbjahr; *anm* - *mat* - *anm* - *mat* - *anm* - *anm*, 2. Halbjahr) vorgeführt. Im Coligny-Kalender ist es nicht realisiert. Anscheinend kam es zusätzlich zu den beiden bekannten Forderungen (4 x *matus* im ersten Halbjahr und 1. Monat *matus*; im zweiten Halbjahr entsprechend mit *anmatus*) zu der zusätzlichen Forderung der CP-symmetrischen Darstellung der Monatsverteilung auf der Kalendertafel.

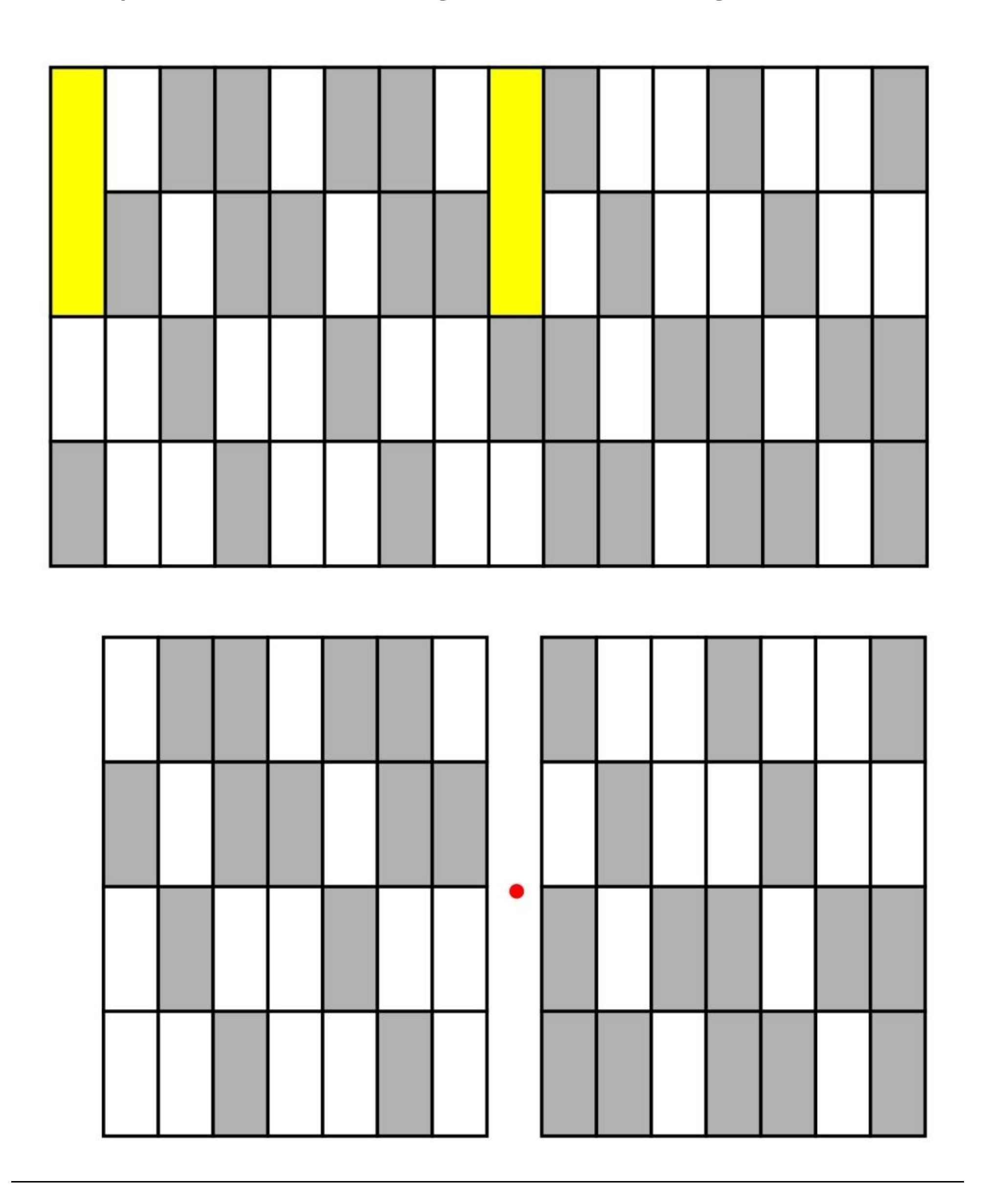


Abb. 14: Keine CP-Symmetrie bei einer spiegelbildlichen Verteilung von *matus*- und *anmatus*-Monaten in beiden Halbjahren, wie hier am Beispiel der folgenden Verteilung demonstriert ist: 1. Halbjahr*: mat* - *anm* - *mat* - *anm* - *mat – mat;* 2. Halbjahr: *anm* - *mat* - *anm* - *mat* - *anm* - *anm*

In der weiteren Analyse werden *matus*-Monate mit einem Pluszeichnen und *anmatus*-Monate mit einem Minuszeichen versehen. Die Monatsverteilung des Coligny-Kalenders ist in Tabelle 8 entsprechend aufgelistet. Es wirft sich die Frage auf, ob es andere Varianten von Monatsverteilungen gibt, die ebenfalls der oben beschriebenen CP-Symmetrie auf der Kalendertafel genügen.

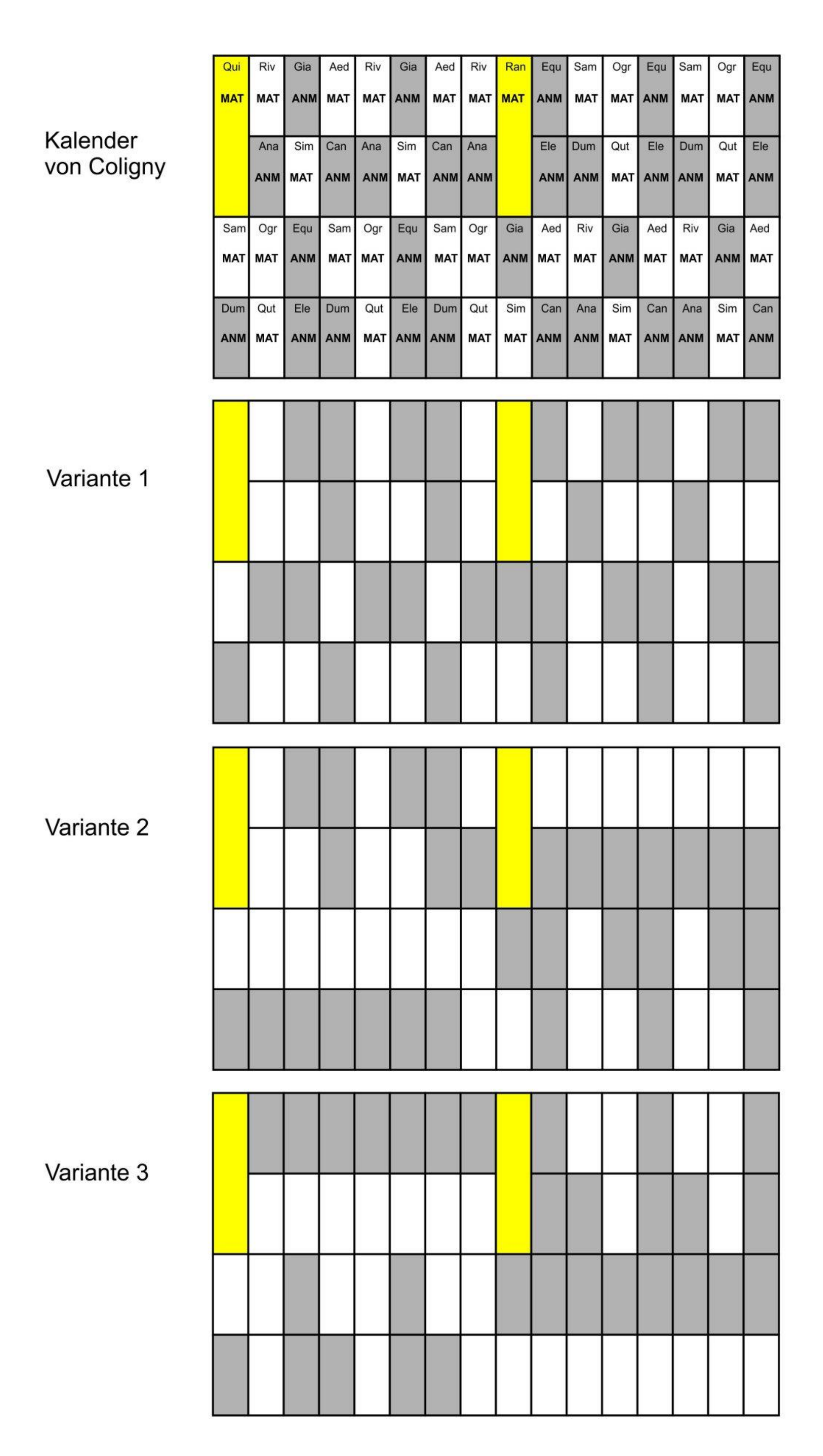


Abbildung 15: Darstellung der 4 CP-symmetrischen Monatsverteilungen auf einer Kalendertafel mit 4 x 16 = 64 Feldern. Die obere Form ist im Coligny-Kalender realisiert, die Variante 1 führt zu einer ähnlich harmonischen geometrischen Verteilung von weißen und schwarzen Feldern, die Varianten 2 und 3 dagegen nicht.

Dies ist in der Tat der Fall und die Tabelle 8 listet zusätzlich zur originalen Verteilung des Coligny-Kalenders noch die drei weiteren CP-symmetrischen Möglichkeiten als Varianten 2, 3 und 4 auf. Sie sind in der Abbildung 15 visualisiert. Löst man sich von der Forderung nach 4 *matus*-Monaten im ersten Halbjahr und 4 *anmatus*-Monaten im zweiten Halbjahr, so sind weitere CP-symmetrische Varianten möglich, die aber immer zu räumlichen Verteilungen von weißen und schwarzen Kästchen auf der Kalendertafel führen, bei denen eine größere Zahl gleichartiger Monate nebeneinander steht (ähnlich wie in Abbildung 15, Varianten 2 und 3). Die im Coligny-Kalender gewählte Einteilung zeigt hier – neben der Variante 1 – das Bild einer möglichst gleichmäßigen Verteilung auf der Kalendertafel.
Offensichtlich wurde der Kalendertafel noch eine höhere Bedeutung zugewiesen, also die bloße Auflistung der 62 Monate des Fünfjahreszyklus!

Fordert man zusätzlich zu den beiden vorgegebenen Bedingungen (1. Monat *matus* und insgesamt 4 x *matus* im ersten Halbjahr; im zweiten Halbjahr entsprechend mit *anmatus*) auch noch die Beendigung der Halbjahre mit einem Monat gleicher Qualität wie zu Beginn, so kommt neben der gewählten Form nur noch die Variante 1 in Frage (siehe Tabelle 8) und die Varianten 2 und 3 scheiden gänzlich aus.

Durch die Punktspiegelungsoperation (siehe Abbildung 12 unten) werden jeweils zwei Monate des Mondjahres zu Paaren geordnet:
1 Samomios – 2 Dumanios, 3 Rivros – 12 Cantlos, 4 Anagantios – 11 Aedrinios, 5 Ogronnios – 10 Elembivios, 6 Qutios – 9 Equos, 7 Giamonios – 8 Simivisonns

Diese Paare müssen bei erfüllter CP-Symmetrie jeweils entgegengesetzte Qualität (*matus/anmatus* bzw. +/-) aufweisen. Dabei stehen die ersten beiden Monate beider Halbjahre in Komplementärbeziehung (1 Samonios – 2 Dumanios im ersten Halbjahr, 7 Giamonios – 8 Simivisonns im zweiten Halbjahr) und die restlichen acht Monate stehen derart zueinander, dass sich ihre Ordnungszahlen jeweils zu 15 addieren (siehe Tabelle 9). Es erhalten vier Monate eines Halbjahres Partner aus dem anderen Halbjahr.

Tabelle 9: Konstruktionsschema für CP-symmetrische Monatsverteilungen durch Bildung von Monatspaaren komplementärer Qualität auf einer Tafel mit 4 x 16 Feldern

Monate im Halbjahr 1		CP-symmetrischer Partnermonat	
1	+	2	-
2	-	1	+
3	+	12	-
4	-	11	+
5	+	10	-
6	+	9	-
Monate im Halbjahr 2		**CP-symmetrischer Partnermonat**	
7	-	8	+
8	+	7	-
9	-	6	+
10	-	5	+
11	+	4	-
12	-	3	+

Wie verhalten sich die anderen in Abbildung 12 gezeigten Gestaltungsmöglichkeiten für die Anordnung der 62 Monate unter dem Gesichtspunkt der CP-Symmetrie? – Überträgt man die originale Verteilung von matus- und *anmatus*-Monaten auf Tafeln mit 8 Spalten und 8 Zeilen bzw. 32 Spalten und 2 Zeilen, so geht die CP-Symmetrie der Originaltafel verloren (siehe Abb. 16).

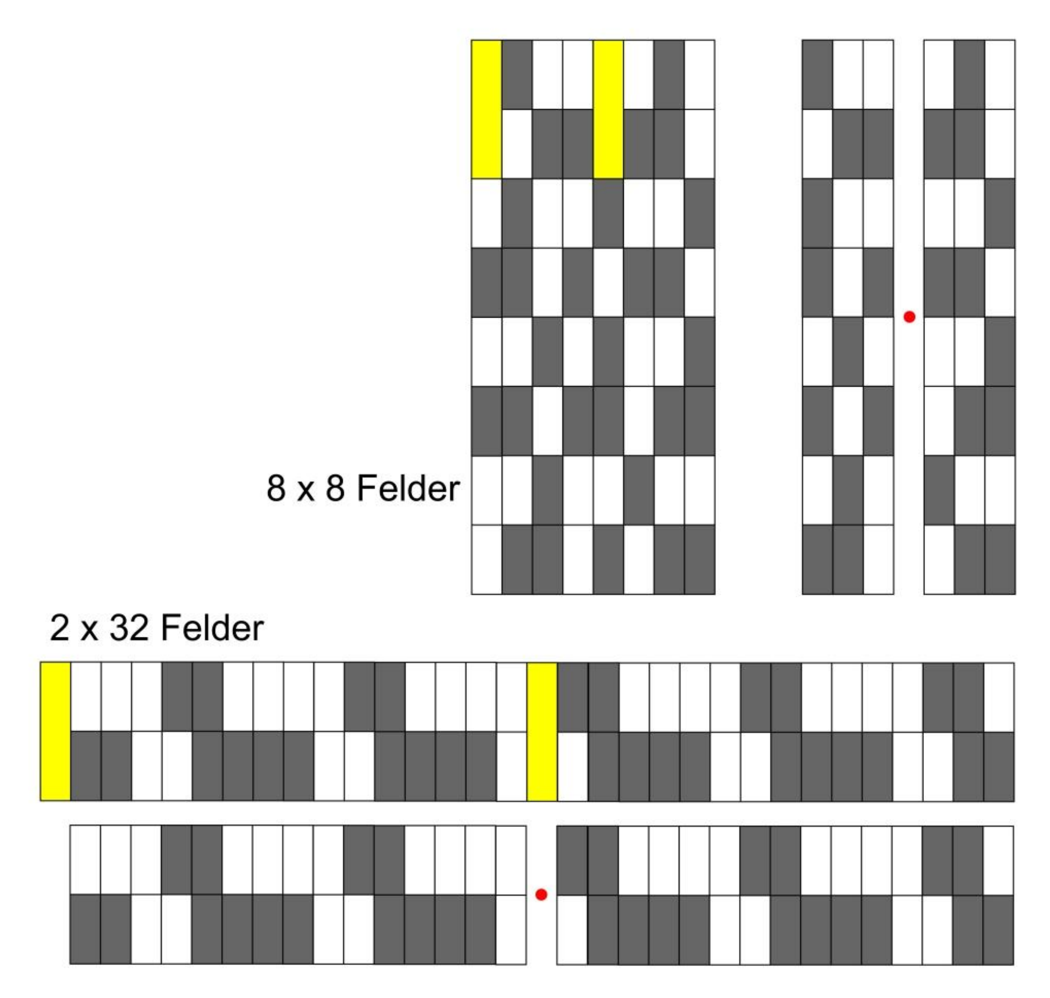


Abb. 16: Symmetrieanalyse der originalen Monatsverteilung auf Tafeln mit der Aufteilung 8 x 8 bzw. 2 x 32 Felder. Die ursprüngliche CP-Symmetrie der Coligny-Tafel geht verloren.

Auch auf einer 8 x 8- und einer 2 x 32-Tafel lassen sich jeweils sechs Monatspaare finden, die bei CP-Symmetrie der Tafel komplementäre Qualität aufweisen müssen. Auf einer 8 x 8-Tafel haben alle Monate einen Partnermonat im selben Halbjahr. Schon dieser Umstand verhindert eine CP-symmetrische Aufteilung mit 4 *matus*-Monaten im ersten und 4 *anmatus*-Monaten im zweiten Halbjahr. Eine CP-Symmetrie ist bei diesem Tafeldesign nur bei einer gleichen Aufteilung möglich (je 3 *matus*- und *anmatus*-Monate in beiden Halbjahren).

Bei der Wahl einer Tafel mit 32 Spalten und 2 Zeilen bekommt jeder Monat des einen Halbjahres einen Monat des anderen Halbjahres zugewiesen, dergestalt, dass sich die Summe der Monatsnummern jedes Paares zu 13 addiert (1 Samonios – 12 Cantlos, usw.). Diese Aufteilung beinhaltet keine besonderen weiteren Einschränkungen für die Verteilung der Qualitäten *matus* und *anmatus* auf die Monate der Halbjahre und deshalb sind hier verschiedene CP-symmetrische Formen möglich. Auffällig an dieser Variante ist die Aufteilung der 2 mal 30 Monate in einen schmalen Streifen mit zwei Abschnitten zu jeweils 15 Doppelmonaten (Abb. 16 unten). Der gesamte Fünfjahreszeitraum kann in dieser Darstellung als Monat aus zwei Quinzaines (Fünfzehntagesabschnitten) gedeutet werden, wobei ein Doppelmonat als „Tag“ aufzufassen wäre.

Bildet man die originale Monatsverteilung des Coligny-Kalenders auf die 2 x 32 – Tafel ab, so steht das *anmatus*-Monatspaar 9 Equos – 10 Elembivios in Form zweier übereinander stehender grauer Kästchen an den Positionen 5 und 11 der ersten Quinzaine. In der Deutung

des Doppelmonats als Tag käme diesen Tagen die doppelte *anmatus*-Qualität zu, und dies könnte die Notation D AMB in der ersten Quinzaine erklären, die dort immer an den Tagen 5 und 11 zu finden ist (Abb. 3). In der zweiten Quinzaine tritt D AMB an allen ungeraden Tagen auf und entsprechendes ist im zweiten 30-Monatsabschnitt bei der 2 x 32 – Darstellung allerdings nicht gegeben. Schließlich ist in Abbildung 16 (unten) noch die Wiederholung des Musters aus schwarzen und weißen Kästchen nach Ablauf von jeweils sechs Tagen (Doppelmonaten!) bemerkenswert, was auch dem Zeitabstand der TII-Marken in Tagen entspricht. Deuten sich hier weitere Beziehungen zwischen der Verteilung von *matus*- und *anmatus*-Monaten mit Prinni Loudin/Laget und den Zeichengruppen der TII-Marken an?

Schlußüberlegungen und Ausblick

Ziel der Betrachtung war die Darstellung des Konstruktionsprinzips und der Zahlenstruktur eines in der Vergangenheit tatsächlich verwendeten und schriftlich überlieferten Lunisolarkalenders. Die Wahl eines bestimmten Lunisolarzyklus´ als Grundlage für ein Kalendersystem erfolgt einerseits nach Genauigkeitsansprüchen, die den jeweiligen Stand der Beobachtungstechnik und die vorhandenen astronomischen Kenntnisse einer Kultur widerspiegeln, andererseits aber auch nach den formalen Prinzipien der inneren Strukturierung und der mathematischen Eleganz - Aspekte, die eine mündliche Überlieferung und praktische Verwendung des Kalenders im Alltagsleben begünstigen.
Im Kalender von Coligny sind diese Prinzipien in idealer Weise verwirklicht, sofern die Erweiterung des Fünfjahreszyklus zu einem 30-jährigen Großzyklus gemäß der Idee von Mac Neill und gestützt auf Plinius korrekt ist. Olmsted erkennt diese Hypothese nur für das Vorläuferstadium eines Kalenders mit einem 25-jährigen Großzyklus an, und er stützt sich dabei maßgeblich auf die von ihm entschlüsselte Systematik und Zeitstruktur der TII-Marken. Ob er damit den Kalender von Coligny vollständig entschlüsselt und richtig gedeutet hat, ist eine offene Frage. Derzeit gibt es keine alternative Deutung, die nur annähernd so gut begründet ist wie Olmsteds Hypothese eines 25-Jahreszyklus, die Bezug nimmt auf fast alle Notationen, die bestimmten systematischen Strukturprinzipien folgen. Das Fehlen einer alternativen Deutung vergleichbarer Qualität und Deutungstiefe bedeutet aber nicht, dass Olmsted Recht hat. Eine Kritik von Olmsteds Analyse war nicht Gegenstand dieser Arbeit; sie wird an anderer Stelle noch durchgeführt und dabei die Fragen aufwerfen, die sich aus Olmsteds Folgerungen ergeben.
Einen Schritt über die bisherige Forschung hinaus gehen die Überlegungen zur Symmetriestruktur der Kalendertafel und die Verteilung der *matus- und anmatus*-Monate auf ihr. Der Form und Aufteilung der rechteckigen Tafel ist bislang wenig Aufmerksamkeit geschenkt worden, jedoch konnte hier gezeigt werden, dass sie eine besondere Symmetrie birgt, die eine größere Beachtung auch der Geometrie der Kalendertafel bei der zukünftigen Erforschung des Kalenders von Coligny nahelegt.

Referenzen

[1] S. Newcomb: Tables of the motion of the earth on its axis and around the sun, Bureau of Navigation, Washington D.C, 1898
[2] M. Chapront-Touzé, J. Chapront: Lunar tables and programs from 4000 B. C. to A. D. 8000, Willmann-Bell, Richmond, 1991
[3] Garrett Olmsted: The Gaulish Calendar, Dr. Rudolf Habelt GmbH, Bonn 1992
[4] Seymour de Ricci: Le calendrier de Coligny; Journal des savants; Dezember 1926, 448-449
[5] Paul-Marie Duval & Georges Pinault: Recueil des inscriptions Gauloises; Vol. III: Les calendriers, Paris 1986
[6] Seymour de Ricci: Le calendrier gaulois de Coligny; Revue Celtique XIX (1898), 213-223
[7] R. Thurneysen: Der Kalender von Coligny; Zeitschrift für Celtische Philologie, 2 (1899), 523 - 544
[8] Eoin Mac Neill: On the Notation and Chronography of the Calender of Coligny; Eriu X (1928), 1-67
[9] C. Lainé-Kerjean: Le calendrier celtique; Zeitschrift für Celtische Philologie, 23 (1943), 249 - 284
[10] Garrett Olmsted: A Definitive Reconstructed Text of the Coligny Calendar; Journal of Indo-European Studies Monograph No. 39, 2001
[11] Harald Gropp: Some Remarks on Celtic Mathematics, Proceedings of the ICME-8 Satellite Meeting of the International Study Group on the Relation between History and Pedagogy of Mathematics (HPM), APM, Braga, Vol. 2, 162 - 169